

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

【特許請求の範囲】

【請求項1】回転駆動されるカムリングに形成したカム溝に従って光軸方向に進退する、変倍レンズ群を兼ねるフォーカスレンズ群；上記カム溝は、ピント位置を変化させずに焦点距離を変化させる非線形の仮想ズーミング軌跡に対して変位した、ワイド端からテレ端までを複数に分割した複数のステップ部分を有すること；このカム溝の各ステップ部分は、カムリングの回転角と仮想ズーミング軌跡からのフォーカスレンズ群の変位量とが線形の関係をなす、それ自身は非線形の形状であって、カムリングの回転より焦点距離を変化させながら無限遠から最短撮影距離までの被写体に合焦可能な位置にフォーカスレンズ群を移動させることができる形状をし、かつその両側に、カムリングの回転位置を変化させたとき上記合焦機能を損なうことなくフォーカスレンズ群を単に光軸方向に移動させる調整領域を持っていること；及び上記カムリングの回転角をパルス制御するカムリング駆動機構；を有することを特徴とするステップズームレンズカメラ。

【請求項2】請求項1記載のステップズームレンズカメラにおいて、カムリングの調整領域は、ズーミング調整と f b 調整を行うための回転角をカムリングに与えるために用いられるステップズームレンズカメラ。

【請求項3】請求項1記載のステップズームレンズカメラにおいて、変倍レンズ群は、3群からなり、その中の2群レンズが上記変倍レンズ群を兼ねるフォーカスレンズ群であるステップズームレンズカメラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】本発明は、ステップズームカメラに関する。

【0002】

【従来技術およびその問題点】古典的ズームレンズは、ズーミング時には複数の変倍レンズ群を予め定めたズーミング軌跡で移動させてピント位置を移動させることなく焦点距離を変化させ、シャッターレリーズ時には被写体距離に応じてフォーカスレンズ群を移動させるものである。フォーカスレンズ群は、変倍レンズ群とは独立していることもいずれかの変倍レンズ群と共通であることもある。このような古典的ズームレンズは、カム溝を有するカムリングを手動あるいは電動で無段階に回転駆動させる機械式のズームレンズに広く採用されてきた。

【0003】これに対して、ステップズームレンズは、カム溝を有するカムリングの回転角をパルス制御するタイプのレンズに採用されつつある。このステップズームレンズは、

- a. カムリングに形成するカム溝を、ワイド端からテレ端迄複数ステップに分割すること、
- b. 各ステップ内のカム溝形状を、変倍レンズ群を兼ねるフォーカスレンズ群が、ズーミングを伴ってフォーカ

シング動作しながら全ての被写体距離に合焦できるよう設定すること、及び

c. カムリングの回転角を、被写体距離情報に基づきそのステップ内に存在する焦点距離との組み合わせで合焦するようにパルス制御すること、に特徴がある。

【0004】このステップズームレンズは、被写体距離と焦点距離との組み合わせによるフォーカシングテーブルをメモリしておくことにより、シャッターレリーズ時のカムリングの現在位置からのカムリングの回転角を被写体距離に合致するように演算することができるので、基本的にカム溝形状を問わずに、フォーカシングできるという利点がある。このため従来、各ステップ内のカム溝は線形に形成されていた。

【0005】また、カムリングの回転角をパルス制御できるので、ズーミング調整（各焦点距離でのピント位置を一致させる調整）や f b 調整（ピント位置を撮像面（フィルム面）位置に一致させる調整）もカムリングの回転角の設定（補正）で行うことができるという利点もある。

【0006】このステップズームレンズカメラでは、カム溝の各ステップ内において最短撮影距離から無限遠までの被写体に合焦させるべくカムリングを回転させると、焦点距離も各ステップ内で短焦点距離から長焦点距離に変化する。そして、焦点距離が変化すると、当然ピント感度（フォーカスレンズ群が単位距離移動したときのピント位置の変化量）も変化する。よく知られているように、ピント感度は、焦点距離が長くなる程高くなり、かつ焦点距離の変化に対するピント感度の変化は非線形である。従って、カム溝の各ステップを線形に近似すると、加工が容易という利点がある反面、制御が難しくなり、かつ高精度な制御ができないという問題があつた。この問題点については、後にも説明する。

【0007】

【発明の目的】本発明は従って、フォーカシングや調整における制御の負担を軽減し、高精度なフォーカシングを行うことができる信頼性の高いステップズームレンズカメラを得ることを目的とする。より具体的には、従来線形であったステップズームレンズのカム溝形状を改良することを目的とする。

【0008】

【発明の概要】本発明は、回転駆動されるカムリングに形成したカム溝に従って光軸方向に進退する、変倍レンズ群を兼ねるフォーカスレンズ群と、カムリングの回転角をパルス制御するカムリング駆動機構とを有するステップズームレンズカメラにおいて、カム溝は、ピント位置を変化させずに焦点距離を変化させる非線形の仮想ズーミング軌跡に対して変位した、ワイド端からテレ端までを複数に分割した複数のステップ部分を有すること；及びこのカム溝の各ステップ部分は、カムリングの回転角と仮想ズーミング軌跡からのフォーカスレンズ群の変

位置とが線形の関係をなす、それ自身は非線形の形状であって、カムリングの回転より焦点距離を変化させながら無限遠から最短撮影距離までの被写体に合焦可能な位置にフォーカスレンズ群を移動させることができる形状をし、かつその両側に、カムリングの回転位置を変化させたとき上記合焦機能を損なうことなくフォーカスレンズ群を単に光軸方向に移動させる調整領域を持っていること；を特徴としている。

【0009】カムリングの調整領域は、ピント調整（ズーミング調整とf_b調整）を行うための回転角をカムリングに与えるために用いられる。

【0010】本発明は、2群以上の変倍レンズ群をもつステップズームレンズカメラ一般に適用することができるが、なかでも3群の変倍レンズ群を有し、その中間の2群レンズが変倍レンズを兼ねるフォーカスレンズ群であるステップズームレンズカメラに適用すると好ましい効果が得られる。

【0011】

【発明の実施の形態】この実施形態は、図1のズーム軌跡に示すように、1群レンズL1、2群レンズL2、3群レンズL3がそれぞれ変倍レンズ群であって、2群レンズL2がフォーカスレンズ群を兼ねるズームレンズに本発明を適用した実施形態である。説明を簡単にするため、1群レンズL1ないし3群レンズL3が光軸方向に直進案内され、単一のカムリングに、これら1群レンズL1ないし3群レンズL3のズーミングカム溝Z1ないしZ3が形成されていると仮定する。回転駆動されるカムリングの回転位置は、パルス管理される。

【0012】ズーミングカム溝Z1とZ3は、1群レンズL1と3群レンズL3が最もフィルム面（撮像面）に接近するワイド端から、最も離間するテレ端までのズーミング域（撮影距離∞とする）において線形にフィルム面（撮像面）との距離を増減する軌跡を持っている。これに対し、ズーミングカム溝Z2は、ワイド端からテレ端までのズーミング域内において、1ないし8の8ステップに分割された非線形の軌跡を持っている。このズーミングカム溝Z2の分割ステップ溝を、ワイド端側から順に、ステップ溝Z2-i (i=1~8) とする。図1には、古典的なズーミング軌跡、すなわち、撮影距離∞のとき、1群レンズL1、3群レンズL3とともに、ピント位置を変化させることなく連続的に焦点距離を変化させる2群レンズL2の仮想ズーミング軌跡Z2'を描いている。

【0013】ステップ溝Z2-iは、各ステップ内において、それぞれ無限遠撮影距離(∞)と最短撮影距離(近)の間の各被写体の合焦位置に2群レンズL2を移動させることができる軌跡であり、仮想ズーミング軌跡Z2'に対して変位している。隣接するステップでは、この無限遠撮影距離(∞)と最短撮影距離(近)の前後関係が逆になっている。また、図2に詳細を示すよう

に、各ステップ溝Z2-iの両端部には調整領域Z2aが設けられ、各ステップ溝Z2-i（調整領域Z2a）の間に、移行域Z2bが設けられている。

【0014】調整領域Z2aの役割は次の通りである。カムリングの停止位置は、設計上、被写体距離に応じてステップ溝Z2-iの中に設定される。しかし、2群レンズL2は、後述するピント調整（ズーミング調整とf_b調整）因子に応じて、被写体距離とは無関係に（被写体距離に合算して）、シャッターレリーズ時にソフト的に移動させる必要がある。調整領域Z2aは、このピント調整因子による2群レンズL2の移動量を確保するために設定されている。すなわち、ピント調整因子による2群レンズL2の移動量を得るために、ステップ溝Z2-iの端部を両側の調整領域Z2a内で動かしても（調節しても）、各ステップ溝Z2-i内での合焦動作は、全く同様に行なうことができる。図2で具体的に説明すると、基本のステップ溝Z2-1をステップ溝Z2-1'やステップ溝Z2-1''のように、調整領域Z2aを用いて変化させても、合焦動作は全く同様に行なうことができる。ステップ溝Z2-1、Z2-1'、Z2-1''の範囲（角度）は同一である。移行域Z2bは、隣接するステップ溝Z2-iを接続するカム溝であり、ズーミングカム溝Z2の方向を反転して、各ステップ溝Z2-iを仮想ズーミング溝Z2'に近づける作用をする。

【0015】以上のカム構造において、カムリングを回転させると、ズーミングカム溝Z1、Z3により1群レンズL1、3群レンズL3が移動し、同時に、各ステップ溝Z2-iに従って2群レンズL2が移動する。このとき、同時に各ステップ内で焦点距離が変化する。ただし、隣接するステップの焦点距離に至ることはない。例えば、ステップ1の最短撮影距離での焦点距離は、ステップ2の無限遠撮影距離での焦点距離になることはない。また、カムリングは移行域Z2bで停止することはない。

【0016】実際の鏡筒構成では、ズーミングカム溝Z1ないしZ3を単一のカムリングに形成することは種々の不利益や制約があるため、カムリングには、ズーミングカム溝Z2だけを形成するのが好ましい。図8には、ズーミングカム溝Z2だけを形成したカムリング30と、ステップ溝Z2-i、調整領域Z2a、移行域Z2bの具体的な形状例を示している。

【0017】本実施形態は、以上の前提において、さらに、ズーミングカム溝Z2（ステップ溝Z2-i）の形状を問題としている。すなわち、各ステップ溝Z2-iが、非線形の仮想ズーミング軌跡Z2'に対して、カムリングの回転角と仮想ズーミング軌跡Z2'からの2群レンズL2の変位量とが線形の関係をなすように設定されていることに特徴がある。以下、その理由と利点を説明する。

【0018】最初に、ソフト的に行なうピント調整の原理

を説明する。これは、3群ズームレンズの2群レンズL2でピント調整を行う例である。図9において、ズーミング調整とf b調整を、機械的に行わずに、2群レンズL2を駆動するカムリングの回転角の設定で行う場合、ズーミング調整相当量をZ adj、f b調整相当量をF adj、シャッターレリーズ時に2群レンズL2に与えるべき移動量をA adjとすると、

$$A \text{ adj} = Z \text{ adj} + F \text{ adj}$$

で与えられる。

【0019】調整前のピント位置をpとし、ワイド端におけるピント位置Lwとテレ端におけるピント位置Ltを測定する。いまワイド端(w)、中間焦点距離

(i)、テレ端(t)におけるピント感度をKw、Ki、Ktとすると、

$$\Delta p_w = K_w \times Z \text{ adj}$$

$$\Delta p_i = K_i \times Z \text{ adj}$$

$$\Delta p_t = K_t \times Z \text{ adj}$$

から、

$$Z \text{ adj} = (\Delta p_t - \Delta p_w) / (K_t - K_w) = - (L_t - L_w) / (K_t - K_w)$$

また、

$$F \text{ adj} = L_w + p_w = L_w - K_w (L_t - L_w) / (K_t - K_w)$$

$$L_i = F \text{ adj} - \Delta p_i$$

$$= L_w + (K_i - K_w) (L_t - L_w) / (K_t - K_w)$$

であるから、A adjは、

$$A \text{ adj} = - L_i / K_i$$

$$= - \{ L_w / K_i + (1 - K_w / K_i) (L_t - L_w) / (K_t - K_w) \}$$

で求めることができる。LwとLtは測定値であり、Kw、Ki、Ktはレンズデータからの値である。よって、各焦点距離におけるA adjによるカムリングの回転角をメモリしておき、シャッターレリーズ時に、被写体距離データに基づくカムリングの回転角に、このA adjによるカムリングの回転角を加えれば、機械的なピント調整を行うことなく、ソフト的にピント調整ができる。

【0020】一方、本発明の対象とするステップズームレンズ、特に1、3群レンズもズーミング動作に関与するズームレンズでは、各ステップ内での撮影距離に基づく焦点距離変化が大きいため、撮影距離(焦点距離)に基づく感度変化が無視できない。そこで本発明は、上述のように、各ステップ溝Z 2-iの形状を、カムリングの回転角と仮想ズーミング軌跡Z 2'からの2群レンズL2の変位量とが線形の関係をなすように、それ自身は非線形に設定したものであるが、この関係を説明する前に、各ステップ溝が線形である場合(カム溝(ステップ溝)をZ 2hで表す)の問題点を説明する。なお、カムリングの回転角(焦点距離)とピント感度の関係は、図

10に示すように非線形であるが、分割したステップ内では線形に近似できるものとする。

【0021】図5ないし図7は、この比較例を図示したものである。図5ないし図7における符号(式)の定義は次の通りである。A区間；カムリングがテレ方向に回転するとき2群レンズL2が仮想ズーミング軌跡Z 2'から前方に離れるカム溝Z 2hのステップ溝、B区間；カムリングがテレ方向に回転するとき2群レンズL2が仮想ズーミング軌跡Z 2'に接近するカム溝Z 2hのステップ溝、

$y = f(x)$; 仮想ズーミング軌跡Z 2'を与える式、
 $y = a_i x + b_i$; 区間Aにおけるカム溝Z 2hを与える式、

$y = a_j x + b_j$; 区間Bにおけるカム溝Z 2hを与える式、

x ; カムリング回転角、

y ; 2群レンズL2の光軸方向の位置、

a_i ; A区間におけるカム溝Z 2hの傾き、

b_i ; A区間におけるカム溝Z 2hの切片、

20 a_j ; B区間におけるカム溝Z 2hの傾き、

b_j ; B区間におけるカム溝Z 2hの切片。

【0022】各ステップ溝が線形であることは、カム溝Z 2hの形状が直線であることに表れている。この関係では、カムリングの回転角とカム溝Z 2hの仮想ズーミング軌跡Z 2'からの変位量(つまりは2群レンズL2の変位量)との関係(カム溝Z 2hと仮想ズーミング軌跡Z 2'との差をプロットした線 $y = f'(x)$ 、 $y = -f'(x)$)は、非線形となる。

【0023】このようにカムリングの回転角とカム溝Z 2hの仮想ズーミング軌跡Z 2'からの変位量(2群レンズL2の変位量)との関係が非線形であると、上述のピント調整量を、パルス管理されたカムリングの回転角に変換して与えるときの演算が煩雑になり、演算時間がかかるばかりか、精度が落ちる。具体的には、この比較例は、ピント調整量に対応するカムリングの回転角を求めるために、 $y = f'(x)$ 、 $y = -f'(x)$ を短いステップに分割して直線に近似し、各分割域での傾きを求め、この傾きと被写体距離に応じて、ピント調整量に応じたカムリングの回転角を求めるというステップを要することを意味する。このために、演算時間を要し、2群レンズL2の停止位置も不正確になる。

【0024】図2ないし図4は、図5ないし図7の比較例に対応する本発明の一実施形態である。図2ないし図4における符号(式)の定義は次の通りである。なお、図5ないし図7と共に用いられる符号(式)については説明を省略する。

$y = f(x) + c(x - x_{i,})$; 区間Aにおけるカム溝Z 2hを与える式、

$y = f(x) - c(x - x_{j,})$; 区間Bにおけるカム溝Z 2hを与える式、

c ; 仮想ズーミング軌跡Z 2' からのカム溝Z 2 hの変位の傾き、

y = c x ; 区間Aにおける仮想ズーミング軌跡Z 2' からのカム溝Z 2 hの変位量、

y = -c x ; 区間Bにおける仮想ズーミング軌跡Z 2' からのカム溝Z 2 hの変位量、

x i₁ ; 区間Aにおける無限遠撮影距離でのカムリング回転角、

x i₁ ; 区間Aにおける最短撮影距離でのカムリング回転角、

x j₁ ; 区間Bにおける無限遠撮影距離でのカムリング回転角、

x j₁ ; 区間Bにおける最短撮影距離でのカムリング回転角。

【0025】この実施形態の比較例と比較しての特徴は、ズーミングカム溝Z 2が非線形であること、及び、この非線形形状は、カムリングの回転角xとカム溝Z 2の仮想ズーミング軌跡Z 2' からの変位量（2群レンズL 2の変位量）との関係が線形となるように定められていること（y=c xまたはy=-c xの関係であること）にある。端的にいうと、図5ないし図7の比較例のy=f' (x)、y=-f' (x)が、図2ないし図4のy=c xまたはy=-c xの関係になるように、カム溝Z 2（ステップ溝Z 2-i）の形状を設定したことにある。

【0026】このようにカム溝Z 2（ステップ溝Z 2-i）の形状を設定すれば、カムリングの回転角xから容易にピント調整量が演算できる。iステップにおける基準角度から角度θだけ回転した位置におけるピント感度をK_i (θ) とすると、

$$K_i (\theta) = K_i + G_i \times \theta$$

但し、

K_i ; 基準感度（ここでは∞撮影距離での感度とする）、

G_i ; 感度変化の傾き、

で与えられる。

【0027】よって、このK_iを、先のピント調整量の式、

$$A_{adj} = - \{ L_w / K_i + (1 - K_w / K_i) (L_t - L_w) / (K_t - K_w) \}$$

のK_iに代入すれば、A_{adj}を求めることができ、さらに、このA_{adj}を得るのに必要なカムリングの回転角△θ_iは、

$$\Delta \theta_i = A_{adj} / c$$

で得ることができる。よって、シャッターレリーズ時には、被写体距離情報に基づくカムリングの回転角に、このピント調整量に基づく回転角△θ_iを加えた量だけ、カムリングを回転させればよい。

【0028】本発明は、以上のようなズーミングカム溝Z 2を有するカムリングをパルス管理して回転させるこ

とで、ステップズーミングを行うカメラ一般に適用することができ、その具体的な機構は問わないが、次に3群ズームレンズに適用した機械的な構成例を説明する。

【0029】図11から図14に示すように、ステップズームレンズカメラ5は、カメラボディ9とズームレンズ鏡筒10を備えている。カメラボディ9内部にはアーチャ板11が固定され、このアーチャ板11の光軸O側の縁部が、フィルムへの露光領域を決定するアーチャ11aを形成している。アーチャ板11の前部には、固定鏡筒13がカメラボディ9に固定されている。この固定鏡筒13の内周面には、雌ヘリコイド14が形成されており、固定鏡筒13の内周面にはさらに、光軸Oに平行な複数の直進案内溝15が形成されている。

【0030】固定鏡筒13には光軸Oと平行な方向へ切欠部13aが形成されていて、この切欠部13aにズームギヤ（多連ビニオン）16が取り付けられる。ズームギヤ16は、光軸Oと平行な回動中心で回動可能に支持され、そのビニオン部の歯面が上記の切欠部13aから固定鏡筒13の内側に突出されている。カメラボディ内にはズームモータMが設置されており、このズームモータMの駆動軸の回転は、ズームギヤ列8を介してズームギヤ16に伝達される。

【0031】ズームモータMの駆動軸には複数のスリットが形成されたスリット円板12aが固定されており、このスリット円板12aの回転をフォトインタラプタ12bで検出することにより、ズームモータMの駆動量を検出することができる。ズームレンズ鏡筒10の線出及び収納動作量はズームモータMの駆動量に応じたものであるから、このスリット円板12aとフォトインタラプタ12bからなるパルス検出機構12（図15参照）を用いて、後述するカムリング30の回転角をパルス制御することができる。

【0032】固定鏡筒13の雌ヘリコイド14には、第1外筒17の外周面の後端付近に形成された雄ヘリコイド18が螺合されている。雄ヘリコイド18の光軸方向の幅は、第1外筒17の最大線出時に外観に露出しない程度に形成されている。この第1外筒17にはさらに、雄ヘリコイド18が形成された同一周面上に、雄ヘリコイド18と平行な複数の外周ギヤ部19が設けられている。それぞれの外周ギヤ部19の歯は光軸Oと平行な方向に形成されており、これに上記ズームギヤ16が噛合している。さらに、第1外筒17の内周面には、光軸Oと平行な方向に複数の回転伝達溝17aが形成されている（図中には一つのみを示す）。

【0033】第1外筒17の内部には、第1直進案内環20が配設されている。この第1直進案内環20は、後端付近の外周面に、周方向へ平行な一对のフランジ部21a、21bが半径方向外方に突設されており、この一对のフランジ部21a、21bに挟まれる部分が、光軸Oを中心とする環状溝21cとなっている。一方、第1

外筒 17 の内周面の後端部には、周方向に位置を異ならせて、半径方向内方（光軸O側）へ複数の係合爪 23（図中には一つのみを示す）が突設されている。それらの係合爪 23 の厚みは、第1直進案内環 20 に形成した環状溝 21c に対して光軸Oと平行な方向にはガタなく嵌まり、かつ周方向に摺動可能な程度となっている。よって、係合爪 23 を環状溝 21c に係合させれば、第1外筒 17 と第1直進案内環 20 は、光軸方向には相対移動不能かつ相対回転可能に結合される。

【0034】また第1直進案内環 20 の後端には、周方向に位置を異ならせて、半径方向外方に複数の直進案内突起 24 が突設されている。それらの直進案内突起 24 は、固定鏡筒 13 の内周面に形成した複数の直進案内溝 15 にそれぞれ摺動可能に係合している。従って、第1直進案内環 20 は、光軸方向には第1外筒 17 と一緒に移動されるが、光軸Oを中心とする周方向には、固定鏡筒 13 に対する相対回転が規制されている。つまり直進案内されている。

【0035】以上の第1外筒 17 と第1直進案内環 20 がズームレンズ鏡筒 10 の第1線出段部を構成する。この第1線出段部は、ズームモータMによってズームギヤ 16 が所定のレンズ線出方向に回転されると、外周ギヤ部 19 を介して第1外筒 17 が回転され、雌ヘリコイド 14 と雄ヘリコイド 18 の関係によって固定鏡筒 13 から第1外筒 17 が回転しながら繰り出される。同時に、第1直進案内環 20 と第1外筒 17 は相対回転可能に爪係合されているため、第1直進案内環 20 は、固定鏡筒 13 に対して直進案内されながら第1外筒 17 と共に光軸方向に移動する。

【0036】第1直進案内環 20 の内周面には、上記雌ヘリコイド 14 と同傾斜方向の雌ヘリコイド 27 が形成されている。第1直進案内環 20 の内周面にはさらに、光軸Oと平行な複数の直進案内溝 28 が周方向に位置を異ならせて形成されている。

【0037】第1直進案内環 20 の内部には、雌ヘリコイド 27 に螺合する雄ヘリコイド 29 を外周面に有するカムリング 30 が配設される。雄ヘリコイド 29 は、このカムリング 30 の外周面全体に形成されている。また、カムリング 30 の内周面全体には、雄ヘリコイド 29 と逆傾斜方向の雌ヘリコイド 31 が形成されている。このカムリング 30 の内周面の後端部には、周方向に位置を異ならせて、半径方向内方（光軸O側）へ複数の係合爪 32（図中には一つのみを示す）が突設されている。

【0038】カムリング 30 の内部には、第2直進案内環 33 が配設されている。この第2直進案内環 33 は、後端付近の外周面に、周方向へ平行な一対のフランジ部 34a、34b が半径方向外方に突設されており、この一対のフランジ部 34a、34b に挟まれる部分が、光軸Oを中心とする環状溝 34c となっている。上記カム

30

40

50

リング 30 の内周面に突設した複数の係合爪 32 を、環状溝 34c に嵌めることにより、カムリング 30 と第2直進案内環 33 は、光軸方向には相対移動不能かつ相対回転可能に結合される。

【0039】また第2直進案内環 33 の後端には、周方向に位置を異ならせて、半径方向外方に突出する複数の直進案内突起 36 が半径方向外方へ突設されている。それらの直進案内突起 36 は、第1直進案内環 20 の内周面に形成した複数の直進案内溝 28 にそれぞれ摺動可能に係合している。従って、第2直進案内環 33 は、光軸方向にはカムリング 30 と相対移動不能で、第1直進案内環 20 を介して固定鏡筒 13 に対して直進案内されている。

【0040】第2外筒 40 は、カムリング 30 の外周を覆って第1外筒 17 と第1直進案内環 20 の間に位置しており、後端付近の外周面に突設した複数の回転伝達突起 41 を、第1外筒 17 の内周面に形成した光軸Oと平行な方向の複数の回転伝達溝 17a に摺動可能に係合させている。従って、第2外筒 40 は、第1外筒 17 に対しては、相対回転せず、かつ光軸Oと平行な方向には相対移動自在に案内されている。

【0041】カムリング 30 の前端部には、3箇所の切欠部 38 を有するリブ 37 が突設されている。第2外筒 40 は、内周面の前端側に、この切欠部 38 に嵌合可能な3つの係合爪 39 が、周方向に位置を異ならせて半径方向内方に突設されている。この係合爪 39 と切欠部 38 を係合させ、さらに化粧リング 42 を前端部に取り付けることによって、カムリング 30 と第2外筒 40 は、光軸方向へ相対移動せずかつ相対回転しないように一体に結合される。従って、第2外筒 40 は第1外筒 17 に従って回転し、カムリング 30 に回転力を与える。

【0042】以上のカムリング 30、第2直進案内環 33 及び第2外筒 40 が、ズームレンズ鏡筒 10 の第2線出段部を構成する。第1線出段部を構成する第1外筒 17 が回転して固定鏡筒 13 より繰り出されると、回転伝達溝 17a と回転伝達突起 41 の関係によって、第1外筒 17 と共に第2外筒 40 が回転される。第2外筒 40 の回転を受けるカムリング 30 は、雌ヘリコイド 27 と雄ヘリコイド 29 の関係により、固定鏡筒 13 に対しては第1外筒 17 の回転方向と同方向に回転しながら、第2外筒 40 と共に第1直進案内環 20 から繰り出される。同時に、第2直進案内環 33 は、カムリング 30 と相対回転可能に結合されているため、直進案内突起 36 と直進案内溝 28 の関係によって第1直進案内環 20 に直進案内されつつ、カムリング 30 と共に光軸方向に移動する。

【0043】カムリング 30 の内側には、第3外筒 45 が配設されている。第3外筒 45 の内側には、先述の第2直進案内環 33 が位置している。第2直進案内環 33 の外周面には、光軸Oと平行に複数のガイドレール 33

aが形成されている。一方、第3外筒45の内周面には、上記ガイドレール33aに係合する複数のガイドレール45aが形成されている。第3外筒45に設けたガイドレール45aは、それぞれが第2直進案内環33に設けたガイドレール33aに摺動可能に係合し、これらを係合させることによって、第3外筒45は、第2直進案内環33に対して光軸Oと平行な方向に相対移動可能に直進案内される。

【0044】第3外筒45の後部外周面には、カムリング30の内周面に設けた雌ヘリコイド31と螺合する、雄ヘリコイド46が形成されている。カムリング30が線出回転を行うと第3外筒45に回転力が加えられるが、第3外筒45は第2直進案内環33によって直進案内されている。そのため第3外筒45は、カムリング30の線出回転時にはこれと一体に回転せず、雄ヘリコイド46と雌ヘリコイド31の関係によって、固定鏡筒13に対して光軸Oと平行な方向に直進しつつカムリング30から線り出される。つまり、第3外筒45は、レンズ鏡筒の第3線出段部を構成しており、雄ヘリコイド46の光軸方向の幅は、第3外筒45の最大線出時に外観に露出しない程度に設定されている。

【0045】第2直進案内環33には、周面の一部を切除して、3本の2群直進案内スリット50が光軸Oと平行な直線状に形成されている。本ステップズームレンズカメラ5において、3群ズーミング用のカム溝は2種類の斜行溝からなっており、第2直進案内環33には、2群直進案内スリット50に対して斜行する3本の3群用ズーミングカム溝Z3aが形成され、第3外筒45の内周面にはカム溝Z3aと反対方向に斜行する3本の3群用ズーミングカム溝Z3bが形成されている。このうち3群用ズーミングカム溝Z3aは、第2直進案内環33の内周面と外周面を貫通している。

【0046】また、カムリング30の内周面には、先述のように、それ自身は非線形の形状で、かつ各ステップ内カムリング30の回転角と仮想のズーミング軌跡Z2'からの2群レンズL2の変位量とが線形の関係をなすように形状が設定された3本の2群用ズーミングカム溝Z2が形成されている。2群用ズーミングカム溝Z2の各ステップはさらに、撮影範囲の両側に上述の調整領域を有している。

【0047】第3外筒45の内部には1群レンズ枠47が固定されており、この1群レンズ枠47に1群レンズL1が保持されている。1群レンズL1は、第3外筒45と共に光軸方向に直進移動され、第3外筒45が進退したときの1群レンズL1の移動軌跡は、図1に示すような線形のズーム軌跡となる。つまり、本ステップズームレンズカメラ5では、1群用のズーミングカム溝(Z1)は設けていないが、本発明が1群レンズL1の駆動形態を問うものでないことは先に述べた通りである。

【0048】2群ユニット48は、2群レンズL2を保

10

20

30

40

50

持する2群レンズ枠48aと、この2群レンズ枠48aが固定されるシャッターブロック54とからなっており、シャッターブロック54の後端には3つのスライド板55が後方に延設されている。それぞれのスライド板55は、第2直進案内環33に形成した2群直進案内スリット50にスライド自在に案内されている。さらに3つのスライド板55のそれぞれには半径方向外方に2群カムフォロワ56が突設され、各2群カムフォロワ56がカムリング30に形成した2群用ズーミングカム溝Z2に係合している。従って、カムリング30が回転すると、2群ユニット48は、直進案内されつつ2群用ズーミングカム溝Z2の軌跡に応じて光軸方向に所定の進退移動を行う。

【0049】3群ユニット49は、3群レンズL3が3群支持環49aに保持された構成となっており、3群支持環49aは、前方へ突出する3つの延出板57を有している。それぞれの延出板57には半径方向外方に突出する3群カムフォロワ58が設けられていて、この3群カムフォロワ58は先述の3群用ズーミングカム溝Z3aを貫通して3群用ズーミングカム溝Z3bに係合される。この構造により、カムリング30が回転したときには、ズーミングカム溝Z3a、Z3bの合成軌跡によって3群カムフォロワ58が案内され、3群ユニット49は光軸方向へ図1に示すような線形の軌跡で移動する。なおカム溝Z3a、Z3bがそれぞれ光軸に対する斜行形状をなしているため、3群ユニット49は、光軸Oを中心とする回転動作を伴って光軸平行方向へ前後移動する。

【0050】2群ユニット48と3群ユニット49の間には、パックラッシュ除去用の圧縮ばね59が配されていて、2群ユニット48は光軸方向前方に、3群ユニット49は光軸方向後方にそれぞれ移動付勢されている。

【0051】ズームレンズ系の焦点距離は、第1外筒17に固定されたブラシ62と、第1直進案内環20の外周面に貼付されたズームコード板63の接接関係によって、有限段数の距離情報として検出することができる。ズームコード板63とCPU70はFPC基板60を介して接続されており、第1外筒17と第1直進案内環20の相対回転に応じてズームコード板63とブラシ62の接接位置が変化すると焦点距離(ステップ)が検出される。図16に示すように、ズームコード板63のコードパターンは、第1外筒17と第1直進案内環20の一定の回転角の変化ごとにブラシ62の2接点と導通するように形成されており、1から8までの8ステップの焦点距離を検出できる。

【0052】図15に示すように、ステップズームレンズカメラ5はさらに、ズーム操作手段64、シャッターレリーズ手段65、測距手段66及び測光手段67を備えており、各手段はCPU70に接続されている。ズーム操作手段64は、ズームレンズ鏡筒10にズーミング指

令、すなわちワイド側からテレ側への移動指令、及びテレ側からワイド側への移動指令を与えるもので、例えばモーメンタリのスイッチから構成される。シャッターレリーズ手段65は、レリーズボタンから構成されるもので、その一段押して測距手段66への測距指令と測光手段67への測光指令を与え、二段押して上記シャッターブロック54を動作させる。シャッターブロック53は、測光手段67からの測光出力を受けて、図示しないシャッターブレードを所定時間開放する。また、CPU70に接続するROM(EEPROM)68が設けられている。

【0053】ROM68には、各焦点距離ステップ内において、無限遠撮影距離(∞)から最短撮影距離(近)の間の被写体への合焦位置に2群レンズL2を移動させるためのカムリング30の回転角(フォーカシングテーブル)が予めメモリされている。

【0054】さらにROM68には、各焦点距離ステップ内におけるピント調整量(Aadj)を得るための上述の式、

$$A_{adj} = - \{ L_w / K_i + (1 - K_w / K_i) (L_t - L_w) / (K_t - K_w) \}$$

と、このピント調整を行うためのカムリング30の回転角を表す上述の式、

$$\Delta\theta_i = A_{adj} / c$$

とが予め書き込まれている。カメラ組立時に、少なくともワイド端とテレ端でのピント位置Lw, Ltを測定してROM68に書き込むと、以上の2式より各焦点距離におけるピント調整用のカムリング30の回転角が得られる。こうして得たピント調整用のカムリング30の回転角(ピント調整用テーブル)がROM68にメモリされている。

【0055】以上のステップズームレンズカメラ5のズームレンズ系は、次のように動作する。図11の鏡筒収納状態あるいは図12のワイド端からズームモータMが繰出方向に駆動されると、固定鏡筒13から第1外筒17が回転して繰り出され、第1直進案内環20は、固定鏡筒13に直進案内されながら第1外筒17と共に前方へ移動する。すると、第2外筒40と共にカムリング30が第1外筒17の回転方向と同方向に回転しながら、第1直進案内環20から繰り出される。同時に、第2直進案内環33がカムリング30と共に光軸方向に直進移動し、第2直進案内環33に直進案内された第3外筒45が、カムリング30の回転を受けて光軸前方に移動し、該第3外筒45に固定された1群レンズL1が光軸前方へ線形に移動される。このとき、第2直進案内環33と第3外筒45に形成した3群用ズーミングカム溝Z3a, Z3bの案内によって、3群レンズL3も光軸前方に線形の軌跡で移動される。また2群レンズL2は、カムリング30に形成した2群用ズーミングカム溝Z2によって、図1に示す非線形の移動軌跡で光軸平行方向に移動する。図13のテレ端からズームモータMを収納

方向に駆動させると、ズームレンズ鏡筒10と各レンズ群L1～L3は鏡筒繰出時とは反対に動作する。

【0056】各段の焦点距離でのフォーカシング動作は次のように制御される。ズーム操作手段64を操作すると、ブラシ62とズームコード板63が接続されて焦点距離ステップ1～8のいずれかが検出される。各ステップにおいては、鏡筒を収納(ワイド端)側から繰り出したときにブラシ62とズームコード板63が接触した時点をパルスカウントの基準とする。図示しないが本ステップズームカメラ5は、撮影光学系とは別にファインダ光学系を有しているため、ズーム操作の時点では、2群レンズL2を合焦位置に移動させる必要はない。よってズーム操作手段64を操作解除すると、ズームレンズ鏡筒10は、各ステップのパルスカウント基準位置よりも鏡筒収納方向の待機位置で停止する。

【0057】この待機状態においてレリーズボタンが半押しされ、測距手段66による測距動作が行われるとCPU70が被写体距離を検出する。すると、この被写体へ合焦する位置に2群レンズL2を移動させるためのカムリング30の回転角がROM68に格納されたフォーカシングテーブルから読み出される。さらに、この焦点距離ステップにおけるピント調整用のカムリング30の回転角もROM68のピント調整テーブルから読み出され、上記のフォーカシングテーブルからのデータと合わせてカムリング30の最終的な回転角(停止位置)が求められる。求められた回転角度位置は、パルスカウント基準位置におけるカムリング30の回転角度位置と比較され、カムリング30を該基準位置から決定された回転角度位置まで駆動するために必要なズームモータMの駆動パルスがCPU70において演算される。

【0058】ここでレリーズボタンが全押しされてシャッターレリーズ手段65からオン信号が入力されると、ズームモータMを駆動してズームレンズ鏡筒10を繰出方向に動作させ、ブラシ62とズームコード板63の接触時点、すなわち基準位置からズームモータMのパルスカウントを開始する。そして、先に演算したパルス数が検出されるとズームモータMを停止して、2群レンズL2を合焦及びピント調整がなされた位置に保持して撮影が行われる。撮影後には、ズームレンズ鏡筒10は再び先述のステップごとの待機位置まで戻る。こうして、ソフト的なピント調整を伴った合焦動作を2群レンズL2に行わせることができる。なお本実施形態では、シャッターレリーズ時に上述の合焦動作を行うようにしているが、フォーカシングの駆動形態はこれには限定されず、例えば測距完了時点でフォーカスレンズ群を合焦位置に移動させても構わない。また、各ステップでのズームレンズ鏡筒の待機位置も実施形態と異なっていてもよい。

【0059】先述した通り、以上のフォーカシング制御においては、2群用ズーミングカム溝Z2の形状がカムリング30の回転角と仮想ズーミング軌跡Z2'からの

2群レンズL 2の変位量とが線形の関係をなすように設定されているため、パルス制御されるカムリング30の回転角を簡単な演算で決定することができる。また2群用ズーミングカム溝Z 2の各ステップ部分は調整領域を有するため、ピント調整量が大きくて決定された回転角が通常の撮影範囲を出る場合であっても対応することができる。

【0060】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、従来ステップ内で線形であったステップズームレンズのカム溝形状を、カムリングの回転角と仮想ズーミング軌跡からのフォーカスレンズ群の変位量とが線形の関係をなすように、それ自身は非線形の形状に改良し、かつカム溝の各ステップの両側に、合焦機能を損なうことなくフォーカスレンズ群を単に光軸方向に移動させる調整領域を設けたので、フォーカシングや調整における制御の負担を軽減し、高精度なフォーカシングを行うことができる信頼性の高いステップズームレンズカメラを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるステップズームレンズカメラを3群ズームレンズに適用した場合のズーミング軌跡（カム溝形状）例を示す図である。

【図2】図1のズーミング軌跡の2群レンズ（変倍レンズ群兼用フォーカスレンズ群）用軌跡の一部の拡大図である。

【図3】図2の2群レンズ用軌跡を説明するグラフである。

【図4】図2の2群レンズ用軌跡を説明するグラフである。

【図5】比較例として示す、図2に対応する2群レンズ用軌跡図である。

【図6】図5の2群レンズ用軌跡を説明するグラフである。

【図7】図5の2群レンズ用軌跡を説明するグラフである。

【図8】2群レンズ用カム溝を有するカムリングの具体例を示す展開図である。

【図9】回転角をパルス管理されるカムリングによりソフト的に行うズーミング調整を説明する図である。

【図10】カムリングの回転角と、各レンズ群のピント感度の関係例を示すグラフである。

【図11】本発明によるステップズームレンズカメラを3群ズームレンズに適用した場合の具体的な機械構成を示す、ズームレンズ鏡筒の収納状態の上半断面図である。

【図12】図11のズームレンズ鏡筒のワイド端における側断面図である。

【図13】図12のズームレンズ鏡筒のテレ端における側断面図である。

【図14】ズームレンズ鏡筒の分解斜視図である。

10 【図15】図11ないし図14に機械的構成を示すステップズームレンズカメラの制御回路系を示すブロック図である。

【図16】ステップズームレンズカメラの焦点距離検出機構の一例を示す展開図である。

【符号の説明】

5 ステップズームレンズカメラ

9 カメラボディ

10 ズームレンズ鏡筒

13 固定鏡筒

20 12 パルス検出機構

17 第1外筒

20 第1直進案内環

30 カムリング

33 第2直進案内環

40 第2外筒

45 第3外筒

56 2群カムフォロワ

58 3群カムフォロワ

62 ブラシ

30 63 ズームコード板

64 ズーム操作手段

66 測距手段

68 ROM

70 CPU

L1 1群レンズ

L2 2群レンズ

L3 3群レンズ

M ズームモータ

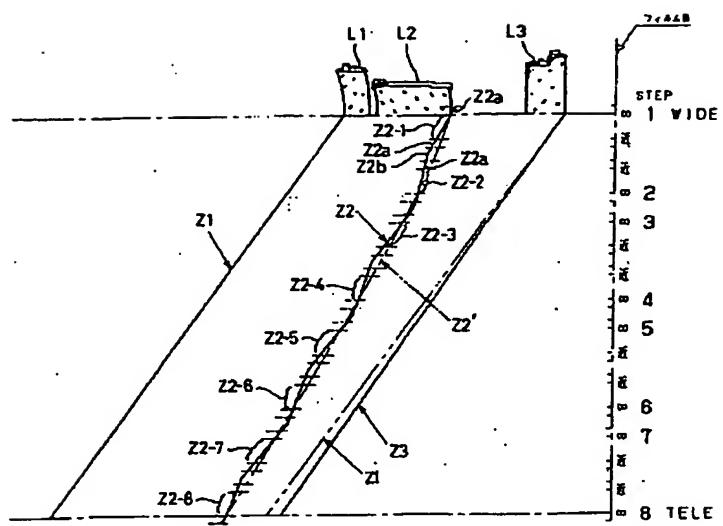
Z1 ズーミングカム溝（1群用）

Z2 ズーミングカム溝（2群用）

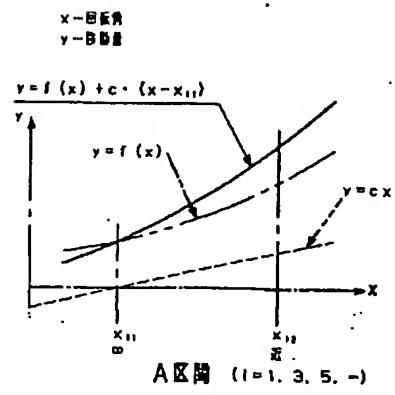
Z2' 仮想ズーミング軌跡

Z3 (Z3a, Z3b) ズーミングカム溝（3群用）

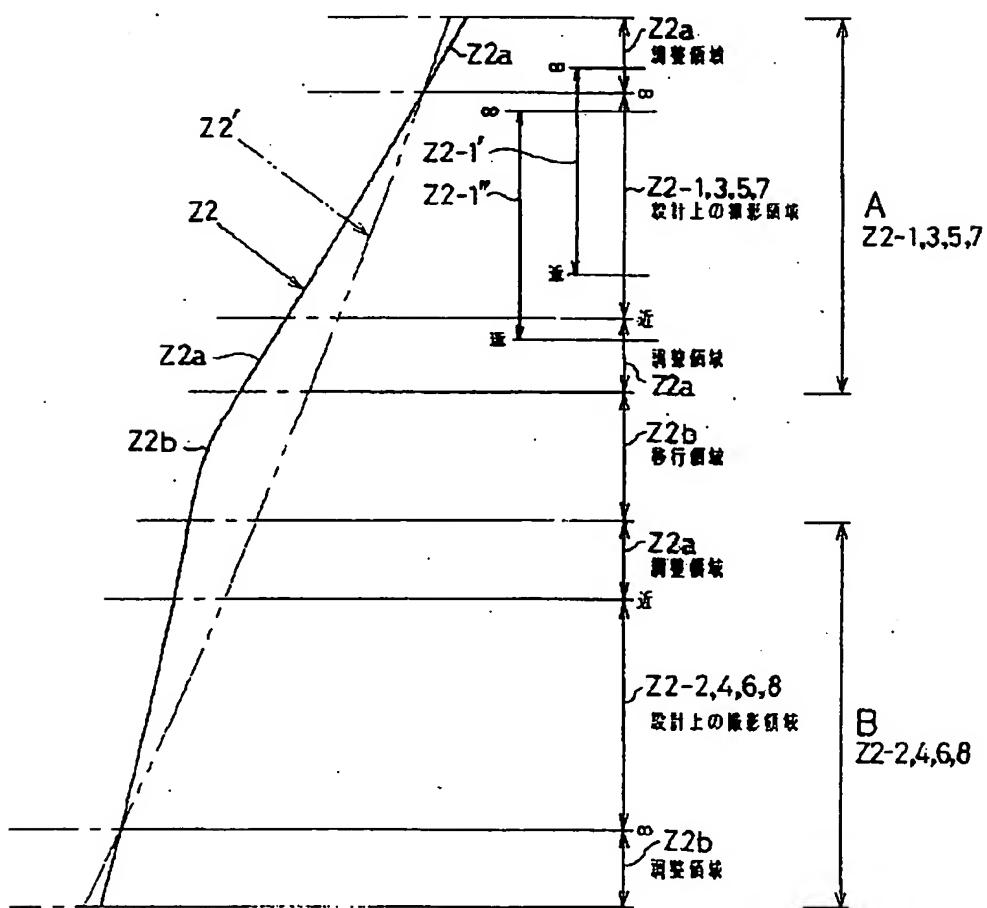
【図1】



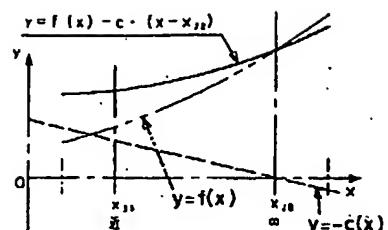
【図3】



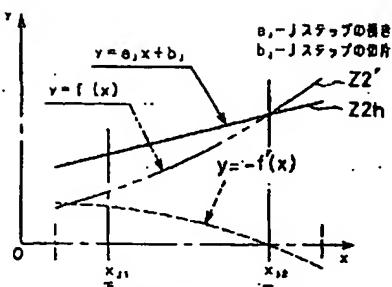
【図2】



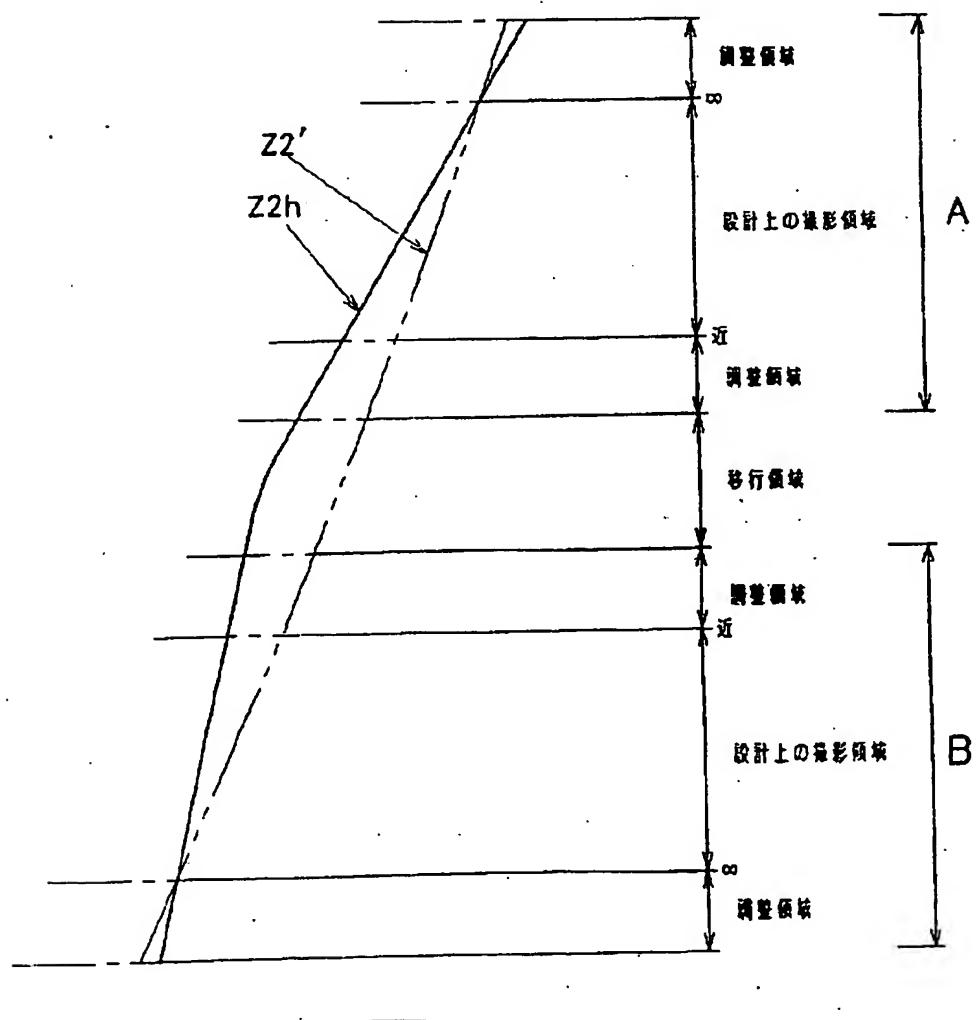
【図4】

B区間 ($j=2, 4, 6, -$)

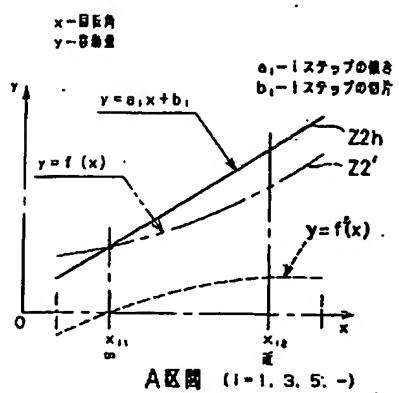
【図7】

B区間 ($j=2, 4, 6, -$)

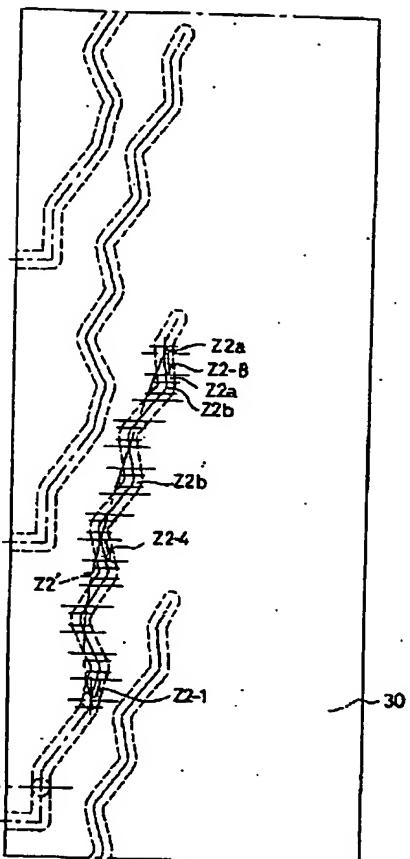
【図5】



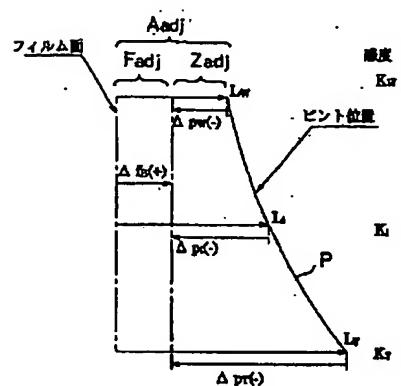
【図6】



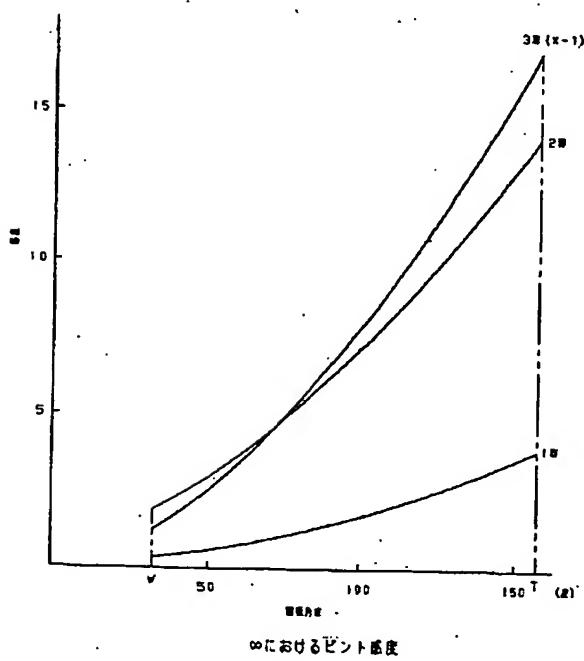
【図8】



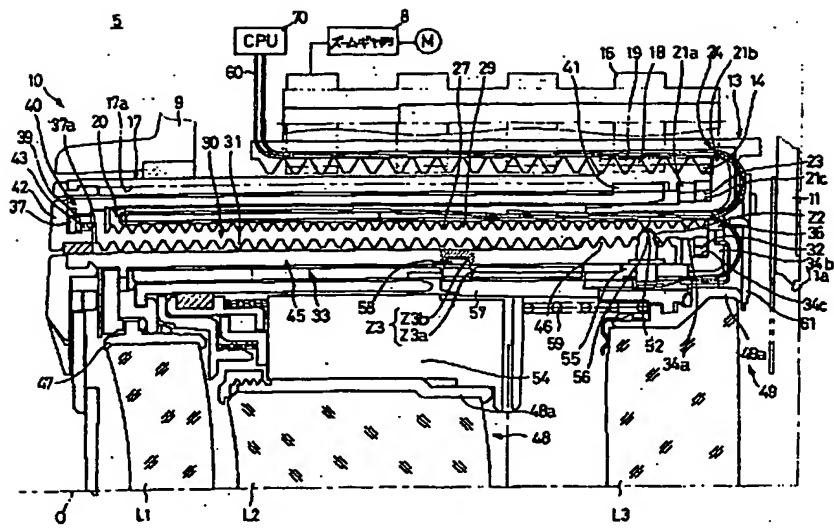
【図9】



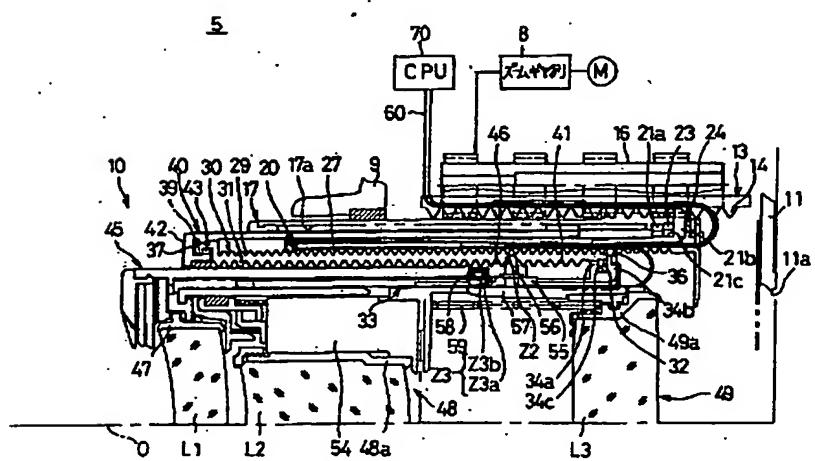
【図10】



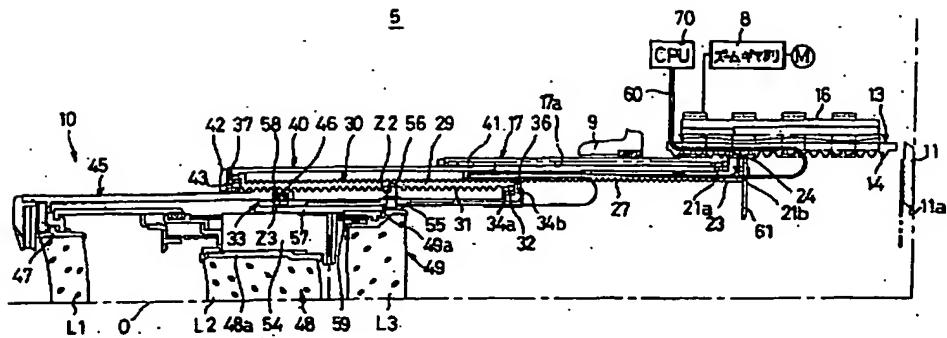
【四 1 1】



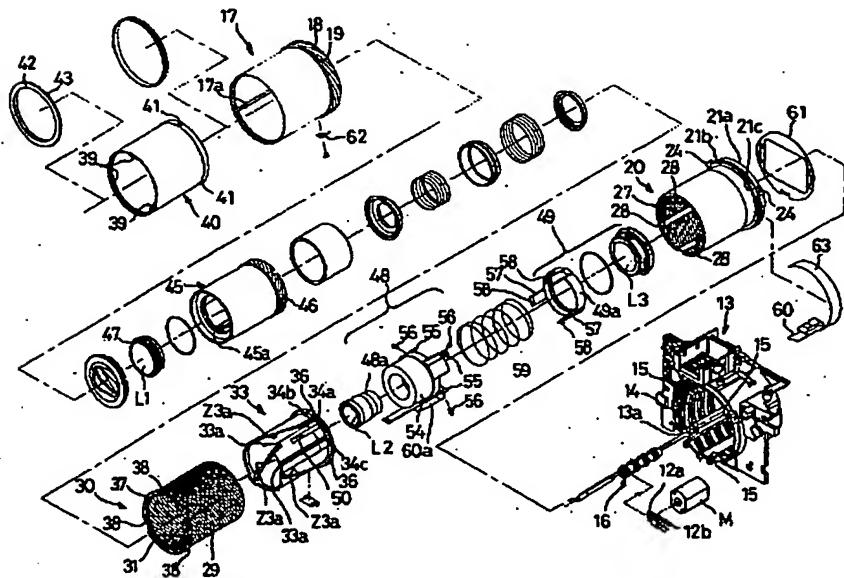
【图12】



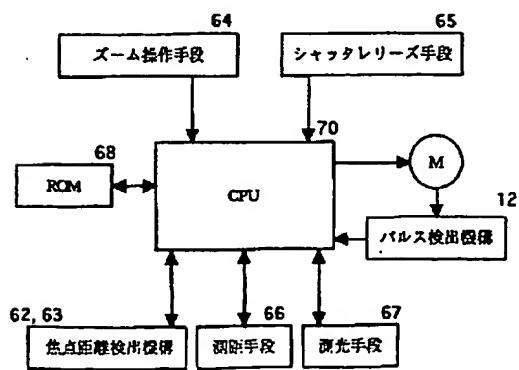
【图 13】



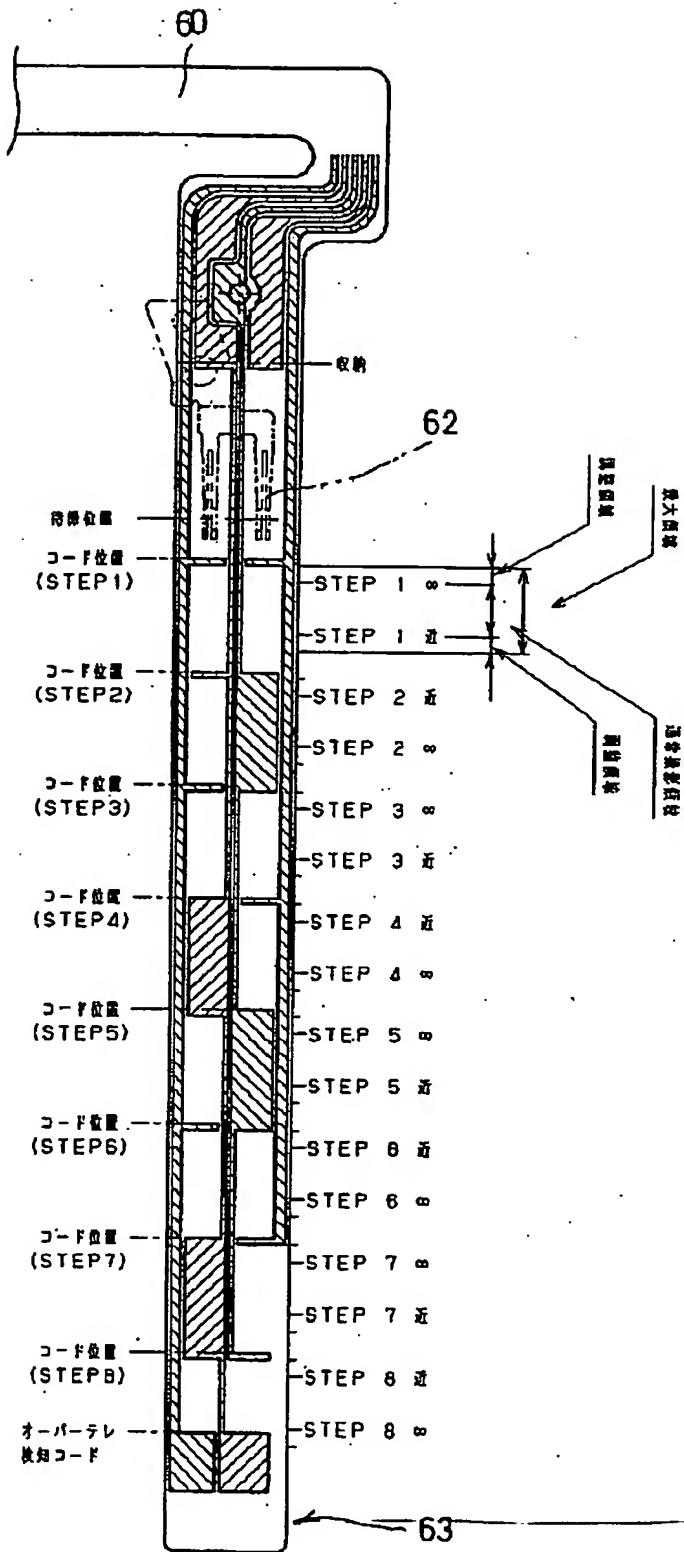
【图14】



【图15】



【図16】



STEP ZOOM LENS CAMERA

Japanese Unexamined Patent No. 2000-199843

Laid-open on: July 18, 2000

Application No. Hei-11-1513

Filed on: January 6, 1999

Inventor: Hiromitsu SASAKI

Applicant: ASAHI KOGAKU KOGYO KABUSHIKI KAISHA

Patent Attorney: Kunio MIURA

SPECIFICATION

[TITLE OF THE INVENTION] STEP ZOOM LENS CAMERA

[ABSTRACT] (incl. modifications)

[Solution Means] Cam grooves formed in a cam ring to be pulse-rotated have a plurality of stepped portions which are displaced with respect to a nonlinear imaginary zooming locus for changing the focal length without changing the focus position, and divides a region from the wide end to the tele end into a plurality. The stepped portions of the cam grooves themselves are shaped to be nonlinear so that the angle of rotation of the cam ring and the displacement amount of the focusing lens groups from the imaginary zooming locus establish a linear relationship, and the focusing lens can be moved to a position

at which focusing is possible on a subject in a range from infinity to a shortest photographic distance while changing the focal length in accordance with the rotation of the cam ring, and at both sides of the grooves, adjusting regions are provided to allow the focusing lens groups to simply move in the optical axial direction without losing the focusing function when the rotation position of the cam ring is changed.

[Effects] A highly reliable step zoom lens camera is obtained in which highly accurate focusing can be carried out while reducing the burden of control when focusing and adjusting.

[WHAT IS CLAIMED IS;]

[Claim 1] A step zoom lens, comprising: focusing lens groups, which advances and retreats in the optical axial direction following cam grooves formed in a cam ring to be rotated, wherein the cam grooves have a plurality of stepped portions, which are displaced with respect to a nonlinear imaginary zooming locus for changing the focal length without changing the focus position, and divides a region from the wide end to the tele end into a plurality, and the stepped portions of the cam grooves themselves are shaped to be nonlinear so that the angle of rotation of the cam ring and the displacement amount of the focusing lens groups from the imaginary zooming locus establish a linear relationship, and the focusing lens groups can be moved

to a position at which focusing on a subject in a range from infinity to the shortest photographic distance is possible while changing the focal length in accordance with the rotation of the cam ring, and furthermore, at both sides of the grooves, adjusting regions are provided to simply move the focusing lens groups in the optical axial direction without losing the focusing function when the rotation position of the cam ring is changed; and a cam ring drive mechanism for pulse-controlling the angle of rotation of the cam ring.

[Claim 2] A step zoom lens camera according to Claim 1, wherein the adjusting regions of the cam ring are used for providing the cam ring with angles of rotation for zooming adjustments and fb adjustments.

Claim 3] A step zoom lens according to Claim 1, wherein zooming lens groups consist of three groups, and two lens groups among them are focusing lens groups that commonly serve as the zooming lens groups.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[Field of the Invention] The present invention relates to a step zoom camera.

[0002]

[Prior Arts and Problems Thereof] In a classic zoom lens, when

zooming, a plurality of zooming lens groups are moved in a predetermined zooming locus to change the focal length without moving the focus position, and when releasing the shutter, the focusing lens groups are moved in accordance with a subject distance. The focusing lens groups may be independent from the zooming lens groups or may be common with any of the zooming lens groups. Such a classic zoom lens has been employed for a mechanical zoom lens constructed so that a cam ring with cam grooves are manually or electrically rotated in a non-stepwise manner.

[0003] On the other hand, step zoom lenses are being employed for lenses constructed so that the angle of rotation of the cam ring with cam grooves is pulse-controlled. This step zoom lens has the following features:

- a. The cam grooves formed in the cam ring are divided into a plurality of steps from the wide end to the tele end.
- b. The shapes of the cam grooves in the steps are set so that focusing lens groups that commonly serve as zooming lens groups can focus on all subject distances while carrying out a focusing operation accompanied with zooming.
- c. The angle of rotation of the cam ring is pulse-controlled so as to make focusing in combination with the focal length existing in the step based on subject distance information.

[0004] In this step zoom lens, by storing a focusing table of combinations of subject distances and focal lengths, the angle of rotation from the current position of the cam ring when releasing the shutter can be operated so as to accord with the subject distance, so that, basically, focusing can be carried out regardless of the shapes of the cam grooves. Therefore, conventionally, the cam grooves inside the steps were formed to be linear.

[0005] Furthermore, since the angle of rotation of the cam ring can be pulse-controlled, zooming adjustments (adjustment for matching the focus position at each focal length) and fb adjustments (adjustments for matching the focus position with the imaging plane (film surface) position) can be carried out by setting (correcting) the angle of rotation of the cam ring.

[0006] In this step zoom lens camera, when the cam ring is rotated so as to carry out focusing on a subject in a range from the shortest photographic distance to infinity in each step of the cam grooves, the focal length also changes from short to long in each step. Then, when the focal length changes, as a matter of course, the focus sensitivity (the amount of change in the focus position when the focusing lens groups move by a unit distance) also changes. As generally known, the focus sensitivity increases as the focal length becomes longer, and

the change in the focus sensitivity with respect to the change in the focal length is nonlinear. Therefore, when each step of the cam groove is approximated to be linear, although processing becomes easier, control becomes difficult and highly accurate control becomes impossible. This problem is described later.

[0007]

[Object of the Invention] Therefore, the object of the invention is to obtain a highly reliable step zoom lens camera, in which the burden of control when focusing and adjusting is reduced, and highly accurate focusing can be carried out, more specifically, to improve the shapes of cam grooves of the step zoom lens that have been conventionally linear.

[0008]

[Outline of the Invention] The invention is characterized in that, in a step zoom lens camera comprising focusing lens groups, which advance and retreat in the optical axial direction along cam grooves formed in a cam ring to be rotated, and commonly serve as zooming lens groups, and a cam ring drive mechanism for pulse-controlling the angle of rotation of the cam ring, the cam grooves have a plurality of stepped portions, which are displaced with respect to a nonlinear imaginary zooming locus for changing the focal length without changing the focus

position, and divides the region from the wide end to the tele end into a plurality; and the stepped portions of the cam grooves themselves are shaped into nonlinear shapes so that the angle of rotation of the cam ring and the displacement amount of the focusing lens groups from the imaginary zooming locus establish a linear relationship, the focusing lens groups can be moved to a position at which focusing on a subject in a range from infinity to a shortest photographic distance is possible while changing the focal length by means of rotation of the cam ring, and at both sides of the stepped portions, adjusting regions are provided for simply moving the focusing lens groups in the optical axial direction without losing the focusing function when the rotation position of the cam ring is changed.

[0009] The cam ring adjusting regions are used for providing the cam ring with an angle of rotation for focusing adjustments (zooming adjustments and fb adjustments).

[0010] The invention can be applied to general step zoom lens cameras having two or more zooming lens groups, and in particular, application to a step zoom lens camera with three zooming lens groups, a second group of which is a focusing lens group commonly serving as a zooming lens, achieves preferable effects.

[0011]

[Preferred Embodiment of the Invention] In this embodiment,

as shown in the zooming locus of Fig. 1, the invention is applied to a lens wherein the first lens group L1, second lens group L2, and third lens group L3 are zooming lens groups, and the second lens group L2 is a zoom lens that commonly serves as a focusing lens group. For convenience of explanation, it is assumed that the first lens L1 through the third lens L3 are guided rectilinearly in the optical axial direction, and zooming cam grooves Z1 through Z3 for the first lens groups L1 through third lens groups L3 are formed in a single cam ring. The rotation position of the cam ring to be rotated is pulse-controlled. [0012] The zooming cam grooves Z1 and Z3 have loci for linearly increasing and decreasing the distance from the film surface (imaging surface) in the zooming range (photographic distance: infinity) from the wide end at which the first lens group L1 and third lens group L3 are closest to the film surface (imaging surface) to the tele end at which the lens groups are farthest from the film surface. On the other hand, the zooming cam groove Z2 has a nonlinear locus divided into 1 through 8 steps in the zooming region from the wide end to the tele end. These divided step grooves of the zooming cam groove Z2 are defined as, in order from the wide end side, step grooves Z2-i (i=1 through 8). Fig. 1 shows the classic zooming locus, that is, an imaginary zooming locus Z2' of the second lens group L2 for continuously

changing the focal length of the lens group together with the first lens group L1 and third lens group L3 without changing the focus position when the photographic distance is infinity.

[0013] The step grooves Z2-i are loci whereby the second lens group L2 can be moved to the focus position for each subject between the infinity photographic distance (∞) and the shortest photographic distance (closest), and are displaced with respect to the imaginary zooming locus Z2'. In the adjacent steps, the relationship between the infinity photographic distance (∞) and the shortest photographic distance (closest) becomes reverse. In addition, as shown in Fig. 2 in detail, at both ends of each step groove Z2-i, adjusting regions Z2a are provided, and transition regions Z2b are provided between the step grooves Z2-i (adjusting regions Z2a).

[0014] The role of the adjusting regions Z2a are as follows. The stop position of the cam ring is set in the step grooves Z2-i in accordance with the subject distance in the design. However, the second lens group L2 needs to be moved by means of software when releasing the shutter in accordance with the factors of focusing adjustments described later (zooming adjustments and fb adjustments) regardless of the subject distance (in addition to the subject distance). The adjusting regions Z2a are set to secure the movement amount of the second

lens group L2 in accordance with the focusing adjustment factors. That is, even if the ends of the step grooves Z2-i are moved (adjusted) within the adjusting regions Z2a at both sides in order to obtain a movement amount of the second lens group L2 in accordance with the focusing adjustment factors, the focusing operations in each step groove Z2-i can be carried out in completely the same manner. Explaining concretely with reference to Fig. 2, the basic step groove Z2-1 is changed by using the adjusting regions Z2a as with the step grooves Z2-1' and Z2-1", the focusing operation can be carried out in completely the same manner. The ranges (angles) of the step grooves Z2-1, Z2-1' and Z2-1" are the same. The transition regions Z2b are cam grooves for connecting the adjacent step grooves Z2-i, and act to inverse the direction of the zooming cam groove Z2 and approach the step grooves Z2-i to the imaginary zooming groove Z2'.

[0015] In the abovementioned cam structure, when the cam ring is rotated, the first lens group L1 and third lens group L3 move along the zooming cam grooves Z1 and Z3, and at the same time, the second lens group L2 moves in accordance with each step groove Z2-i. At this time, the focal length simultaneously changes in each step. However, the focal length does not reach that of the adjacent step. For example, the focal length of

step 1 at the shortest photographic distance does not reach the focal length of step 2 at the infinity photographic distance.

The cam ring does not stop in the transition regions Z2b.

[0016] In the actual lens barrel structure, there are various disadvantages and restrictions in formation of the zooming cam grooves Z1 through Z3 in one single cam ring, so that it is preferable that only the zooming cam groove Z2 is formed in the cam ring. Fig. 8 shows concrete examples of the form of the cam ring 30 with only zooming cam groove Z2 formed in it, step grooves Z2-i, adjusting regions Z2a, and transition regions Z2b.

[0017] In this embodiment, on the assumptions as mentioned above, the form of the zooming cam groove Z2 (step groove Z2-i) is taken as a question. That is, the embodiment is characterized in that each step groove Z2-i is set so that, with respect to nonlinear imaginary zooming locus Z2', the angle of rotation of the cam ring and the displacement amount of the second lens group L2 from the imaginary zooming locus Z2' have a linear relationship. Hereinafter, reasons and advantages for this are explained.

[0018] First, the principle of focusing by means of software is explained. This is an example in which focusing is carried out by the second lens group L2 of a three-group zoom lens.

In Fig. 9, in the case where a zooming adjustment and fb adjustment are not mechanically made, but made by setting the angle of rotation of the cam ring that drives the second lens group L2, on the assumption that the zooming adjustment amount is Z_{adj} , the fb adjustment amount is F_{adj} , and the movement amount to be applied to the second lens group L2 when releasing the shutter is A_{adj} , the relationship of these is as follows.

$$A_{adj} = Z_{adj} + F_{adj}$$

[0019] Measurements of the focus position L_w at the wide end and the focus position L_t at the tele end are made on assumption that the focus position before adjustments is p . Now, when the focus sensitivities at the wide end (w), intermediate focal length (i), and tele end (t) are, respectively, defined as K_w , K_i , and K_t ,

based on

$$\Delta p_w = K_w \times Z_{adj}$$

$$\Delta p_i = K_i \times Z_{adj}$$

$$\Delta p_t = K_t \times Z_{adj},$$

$$Z_{adj} = (\Delta p_t - \Delta p_w) / (K_t - K_w)$$

$$= - (L_t - L_w) / (K_t - K_w), \text{ and}$$

$$F_{adj} = L_w + p_w = L_w - K_w (L_t - L_w) / (K_t - K_w),$$

$$L_i = F_{adj} - \Delta p_i$$

$$= L_w + (K_i - K_w) (L_t - L_w) / (K_t - K_w)$$

So that A_{adj} is determined as:

$$A_{adj} = -L_i/K_i$$

$$= -\{L_w/K_i + (1 - K_w/K_i) (L_t - L_w) / (K_t - K_w)\}$$

Herein, L_w and L_t show measured values, and K_w , K_i , and K_t show values based on the lens data. Therefore, the angles of rotation of the cam ring in accordance with A_{adj} at each focal length are stored, and when releasing the shutter, by adding the angle of rotation of the cam ring in accordance with A_{adj} to the angle of rotation of the cam ring based on the subject distance data, focusing adjustments can be made by means of software without mechanical focusing adjustments.

[0020] On the other hand, in a step zoom lens which is the object of the invention, in particular, in a zoom lens in which the third lens group also relates to zooming operation, changes in focal length based on the photographic distance in each step are great, so that changes in sensitivities based on the photographic distance (focal length) cannot be ignored. Therefore, in the invention, as mentioned above, the form of each step groove $Z2-i$ is set to be nonlinear so that the relationship between the angle of rotation of the cam ring and the displacement amount of the second lens group $L2$ from the imaginary zooming locus $Z2'$ is linear. Previous to an explanation of this relationship, problems in the case where each step groove

is linear are explained (Z2h shows the cam groove (step groove)). In addition, the relationship between the angle of rotation (focal length) of the cam ring and the focus sensitivity is nonlinear as shown in Fig. 10, however, in the divided steps, the relationship can be approximated to be linear.

[0021] Fig. 5 through Fig. 7 illustrate a comparative example. Definition of signs (equations) is as follows. Section A: step groove of the cam groove Z2h by which the second lens group L2 separates forward from the imaginary zooming locus Z2' when the cam ring rotates in the tele direction, Section B: step groove of the cam groove Z2h by which the second lens group L2 approaches the imaginary zooming locus Z2' when the cam ring rotates in the tele direction,

$y=f(x)$: equation for providing the imaginary zooming locus Z2',

$y=aix+bi$: equation for providing the cam groove Z2h in section A,

$y=ajx+bj$: equation for providing the cam groove Z2h in section B,

x : angle of rotation of the cam ring,

y : position of the second lens group L2 in the optical axial direction,

ai : tilt of the cam groove Z2h in section A,

bi : intercept of the cam groove Z2h in section A,

aj: tilt of the cam groove Z2h in section B,

bj: intercept of the cam groove Z2h in section B.

[0022] The linear form of the cam groove Z2h means that each step groove is linear. Based on this relationship, the relationship between the angle of rotation of the cam ring and the displacement amount of the cam groove Z2h from the imaginary zooming locus Z2' (that is, the displacement amount of the second lens group L2) (lines $y=f'(x)$ and $y=-f'(x)$ obtained by plotting the difference between the cam groove Z2h and the imaginary zooming locus Z2') becomes nonlinear.

[0023] Thus, when the relationship between the angle of rotation of the cam ring and the displacement amount of the cam groove Z2h from the imaginary zooming locus Z2' (displacement amount of the second lens group L2) is nonlinear, operation for converting the abovementioned focusing adjustment amount into an angle of rotation for the cam ring that is pulse-controlled and provides the obtained angle becomes difficult, takes more time, and deteriorates in accuracy. Concretely, this comparative example, to determine the angle of rotation of the cam ring corresponding to the focusing adjustment amount, processing is required in which $y=f'(x)$ and $y=-f'(x)$ are divided into short steps and approximated to be linear, the tilt in each divided region is determined, and in accordance with the

tilt and subject distance, the angle of rotation of the cam ring corresponding to the focusing adjustment amount is determined. Therefore, it takes time to carry out operation, and the stop position of the second lens group L2 becomes inaccurate as well.

[0024] Fig. 2 through Fig. 4 show an embodiment of the invention with respect to the comparative example of Fig. 5 through Fig. 7. Definition of signs (equations) in Fig. 2 through Fig. 4 are as follows. Explanation of signs (equations) that are common with those of Fig. 5 and Fig. 7 is omitted.

$y=f(x)+c(x-x_{i1})$: equation for providing the cam groove Z2h in section A,

$y=f(x)-c(x-x_{j2})$: equation for providing the cam groove Z2h in section B,

c: tilt of displacement of the cam groove Z2h from the imaginary zooming locus Z2',

$y=cx$: displacement amount of the cam groove Z2h from the imaginary zooming locus Z2' in section A,

$y=-cx$: displacement amount of the cam groove Z2h from the imaginary zooming locus Z2' in section B,

x_{i1} : angle of rotation of the cam ring at the infinity photographic distance in section A,

x_{i2} : angle of rotation of the cam ring at the shortest

photographic distance in section A,

x_{j1} : angle of rotation of the cam ring at the infinity photographic distance in section B, and

x_{j2} : angle of rotation of the cam ring at the shortest photographic distance in section B.

[0025] In comparison with the comparative example, this embodiment is characterized in that the zooming cam groove Z2 is nonlinear, and this nonlinear form is set so that the relationship between the angle x of rotation of the cam ring and the displacement amount of the cam groove Z2 from the imaginary zooming locus Z2' (displacement amount of the second lens group L2) becomes linear ($y=cx$ or $y=-cx$). In short, the form of the cam groove Z2 (step groove Z2-i) is set so that $y=f'(x)$ or $y=-f'(x)$ in the comparative example of Fig. 5 through Fig. 7 has the relationship of $y=cx$ or $y=-cx$ of Fig. 2 through Fig. 4.

[0026] By thus setting the form of the cam groove Z2 (step groove Z2-i), a focusing adjustment amount can be operated from the angle x of rotation of the cam ring. When the focus sensitivity at a position rotated by an angle θ from the reference angle in an i-step is defined as $Ki(\theta)$,

$$Ki(\theta) = Ki + Gi \times \theta$$

where

Ki: reference sensitivity (herein, the sensitivity at the infinity photographic distance), and

Gi: tilt of a change in sensitivity.

[0027] Therefore, this Ki is substituted for Ki of the abovementioned equation for the focusing adjustment amount:

$A_{adj} = \frac{L_w/K_i + (1 - K_w/K_i)(L_t - L_w)}{(K_t - K_w)}$,

A_{adj} can be determined, and furthermore, the angle $\Delta\theta_i$ of rotation of the cam ring required to obtain this A_{adj} can be determined by the following equation:

$$\Delta\theta_i = A_{adj}/c$$

Therefore, when releasing the shutter, the cam ring may be rotated by an amount corresponding to the added angle $\Delta\theta_i$ of rotation based on the focusing adjustment amount to the angle of rotation of the cam ring based on subject distance information.

[0028] By pulse-controlling and rotating the cam ring having the abovementioned zooming cam groove, the invention can be applied to general cameras which carry out step zooming, and although a detailed structure does not matter, an example of the mechanical structure applied to a three-group zoom lens is explained below.

[0029] As shown in Fig. 11 through Fig. 14, the step zoom lens camera 5 is provided with camera body 9 and zoom lens barrel

10. Inside the camera body 9, aperture plate 11 is fixed, and the edge at the optical axis O side of this aperture plate 11 forms aperture 11a for determining an exposure region to a film. At the front part of the aperture plate 11, fixed lens barrel 13 is fixed to the camera body 9. At the inner circumferential surface of this fixed lens barrel 13, female helicoid 14 is formed, and a plurality of rectilinear guide grooves 15 in parallel to the optical axis O are further formed at the inner circumferential surface of the fixed lens barrel 13.

[0030] Notched portion 13a is formed in the fixed lens barrel 13 in the direction parallel to the optical axis O, and zoom gear (multi-connected pinion) 16 is attached to this notched portion 13a. The zoom gear 16 is supported so as to rotate about the rotation center in parallel to the optical axis O, the tooth surface of the pinion is projected inside the fixed lens barrel 13 from the notched portion 13a. A zoom motor M is installed inside the camera body, and the rotation of the drive shaft of the zoom motor M is transmitted to the zoom gear 16 through zoom gear row 8.

[0031] Slit disk 12a with a plurality of slits is fixed to the drive shaft of the zoom motor M, and by detecting the rotation of this slit disk 12a with the photointerrupter 12b, the drive amount of the zoom motor M can be detected. The protrusion and

housing operation amount of the zoom lens barrel 10 are in accordance with the drive amount of the zoom motor M, so that, by using pulse detecting mechanism 12 (see Fig. 15) comprised of this slit disk 12a and photointerrupter 12b, the angle of rotation of the cam ring 30, which is described later, can be pulse-controlled.

[0032] Male helicoid 18 formed in the vicinity of the rear end of the outer circumferential surface of the first outer barrel 17 is screw-fitted to the female helicoid 14 of the fixed lens barrel 13. The width of the male helicoid 18 in the optical axial direction is formed so as not to be exposed in appearance in the case of the maximum protrusion. Furthermore, this first outer barrel 17 is provided with a plurality of outer circumferential gears 19 in parallel with the male helicoid 18 on the same circumferential surface as the surface with the male helicoid 18. The teeth of the outer circumferential gears 19 are formed in the direction parallel to the optical axis O, and to these teeth, zoom gear 16 engages. Furthermore, on the inner circumferential surface of the first outer barrel 17, a plurality of rotation transmitting grooves 17a are formed in the direction parallel to the optical axis O (only one is shown in the figure).

[0033] Inside the first outer barrel 17, first rectilinear guide

ring 20 is provided. This first rectilinear guide ring 20 is provided with a pair of flanges 21a and 21b in parallel with each other in the circumferential surface on the outer circumferential surface in the vicinity of the rear end so that the flanges project outward in the radial direction, and the portion sandwiched by the pair of flanges 21a and 21b forms annular groove 21c around the optical axis O. On the other hand, at the rear end of the inner circumferential surface of the first outer barrel 17, a plurality of engaging claws 23 (only one is shown in the figure) are projected inward in the radial direction (toward the optical axis O) while being differed in position in the circumferential direction. The thicknesses of the engaging claws 23 are set so as to fit to the annular groove 21c without spaces in the direction parallel to the optical axis O and slide in the circumferential direction. Therefore, if the engaging claws 23 are engaged into the annular groove 21c, the first outer barrel 17 and first rectilinear guide ring 20 are connected so as not to relatively move and so as to relatively rotate in the optical axial direction. [0034] Furthermore, at the rear end of the first rectilinear guide ring 20, a plurality of rectilinear guide projections 24 are provided outward in the radial direction while being differed in position in the circumferential direction. The

rectilinear guide projections 24 slidably engage into a plurality of rectilinear guide grooves 15 formed in the inner circumferential surface of the fixed lens barrel 13. Therefore, the first rectilinear guide ring 20 is moved together with the first outer barrel 17 in the optical axis, however, its relative rotation with the fixed lens barrel 13 is restricted in the circumferential direction around the optical axis O. That is, the ring is rectilinearly guided.

[0035] The abovementioned first outer barrel 17 and first rectilinear guide ring 20 comprise a first protrusion step of the zoom lens barrel 10. By this first protrusion step, when the zoom gear 16 is rotated in a predetermined lens protruding direction by the zoom motor M, the first outer barrel 17 is rotated via the outer circumferential gears 19, and due to the relationship between the female helicoid 14 and the male helicoid 18, the first outer barrel 17 is protruded from the fixed lens barrel 13 while rotating. At the same time, since the first rectilinear guide ring 20 and first outer barrel 17 are engaged by the claws so as to relatively rotate, the first rectilinear guide ring 20 moves together with the first outer barrel 17 in the optical axial direction while being rectilinearly guided with respect to the fixed lens barrel 13.

[0036] Female helicoid 27 in the same tilt direction as with

the female helicoid 14 is formed on the inner circumferential surface of the first rectilinear guide ring 20. At the inner circumferential surface of the first rectilinear guide ring 20, a plurality of rectilinear guide grooves 28 parallel with the optical axis O are formed while being differed in position in the circumferential direction.

[0037] Inside the first rectilinear guide ring 20, cam ring 30 having male helicoid 29 on the outer circumferential surface for screw-fitting with the male helicoid 27 is provided. The male helicoid 29 is formed on the entire outer circumferential surface of the cam ring 30. In addition, on the entire inner circumferential surface of the cam ring 30, female helicoid 31 in a tilt direction opposite to that of the male helicoid 29 is formed. At the rear end of the inner circumferential surface of this cam ring 30, a plurality of engaging claws 32 (only one is shown in the figure) are provided so as to project inward in the radial direction (toward the optical axis O) while being differed in position in the circumferential direction.

[0038] Inside the cam ring 30, second rectilinear guide ring 33 is provided. This second rectilinear guide ring 33 is provided with a pair of flanges 34a and 34b on the outer circumferential surface in the vicinity of the rear end, which are parallel with each other in the circumferential direction and project

inward in the radial direction, and the portion sandwiched by the pair of flanges 34a and 34b forms annular groove 34c around the optical axis O. The plurality of engaging claws 32 projectedly provided on the inner circumferential surface of the cam ring 30 are fitted into the annular groove 34c, whereby the cam ring 30 and second rectilinear guide ring 33 are connected so as not to relatively move and so as to relatively rotate in the optical axial direction.

[0039] At the rear end of the second rectilinear guide ring 33, a plurality of rectilinear guide projections 36 are provided so as to project outward in the radial direction while being differed in position in the circumferential direction. The rectilinear guide projections 36 slidably engage into a plurality of rectilinear guide grooves 28 formed in the inner circumferential surface of the first rectilinear guide ring 20. Therefore, the second rectilinear guide ring 33 cannot relatively move to the cam ring 30 in the optical axial direction, and is rectilinearly guided with respect to the fixed lens barrel 13 via the first rectilinear guide ring 20.

[0040] The second outer barrel 40 is positioned between the first outer barrel 17 and first rectilinear guide ring 20 to cover the outer circumference of the cam ring 30, and slidably engages a plurality of rotation transmitting projections 41

projectedly formed on the outer circumferential surface in the vicinity of the rear end with the plurality of rotation transmitting grooves 17a in the direction parallel to the optical axis O formed in the inner circumferential surface of the first outer barrel 17. Therefore, the second outer barrel 40 is guided so as not to relatively rotate to the first outer barrel 17 and so as to relatively move in the direction parallel to the optical axis O.

[0041] At the front end of the cam ring 30, rib 37 having three notched portions 38 is projectedly provided. At the front end side of the inner circumferential surface of the second outer barrel 40, three engaging claws 39 that can engage with these notched portions 38 are provided so as to project inward in the radial direction while being differed in position in the circumferential direction. By engaging these engaging claws 39 with the notched portions 38, and further attaching dress ring 42 to the front end, the cam ring 30 and second outer barrel 40 are connected to each other so as not to relatively rotate and move in the optical axial direction. Therefore, the second outer barrel 40 rotates following the first outer barrel 17 and provides rotational force to the cam ring 30.

[0042] The abovementioned cam ring 30, second rectilinear guide ring 33, and second outer barrel 40 comprise a second protrusion

step of the zoom lens barrel 10. When the first outer barrel 17 comprising the first protrusion step rotates and protrudes from the fixed lens barrel 13, due to the relationship between the rotation transmitting grooves 17a and rotation transmitting projections 41, the first outer barrel 17 and second outer barrel 40 are rotated. The cam ring 30 that undertakes the rotation of the second outer barrel 40 is protruded from the first rectilinear guide ring 20 together with the second outer barrel 40 while rotating in the same direction as the rotation direction of the first outer barrel 17 with respect to the fixed lens barrel 13. At the same time, since the second rectilinear guide ring 33 is connected so as to relatively rotate to the cam ring 30, due to the relationship between the rectilinear protrusion projections 36 and rectilinear guide grooves 28, the second rectilinear guide ring 33 moves together with the cam ring 30 in the optical axial direction while being rectilinearly guided by the first rectilinear guide ring 20.

[0043] Inside the cam ring 30, third outer barrel 45 is provided. Inside third outer barrel 45, the abovementioned second rectilinear guide ring 33 is positioned. On the outer circumferential surface of the second rectilinear guide ring 33, a plurality of guide rails 33a parallel to the optical axis 0 are formed. On the other hand, on the inner circumferential

surface of the third outer barrel 45, a plurality of guide rails 45a that engage with the guide rail 33a are formed. The guide rails 45a provided on the third outer barrel 45 slidably engage the guide rails 33a provided on the second rectilinear guide ring 33, and by this engagement, the third outer barrel 45 is rectilinearly guided so as to relatively move in the direction parallel to the optical axis O with respect to the second rectilinear guide ring 33.

[0044] On the rear portion outer circumferential surface of the third outer barrel 45, male helicoid 46 that screw-fits the female helicoid 31 provided on the inner circumferential surface of the cam ring 30 is formed. When the cam ring 30 rotates and protrudes, a rotational force is applied to the third outer barrel 45, however, the third outer barrel 45 is rectilinearly guided by the second rectilinear guide ring 33. Therefore, when the cam ring 30 rotates and protrudes, the third outer barrel 45 does not rotate together with the cam ring 30, but due to the relationship between the male helicoid 46 and female helicoid 31, protrudes from the cam ring 30 while rectilinearly moving in the direction parallel to the optical axis O with respect to the fixed lens barrel 13. That is, the third outer barrel 45 comprises a third protrusion step of the lens barrel, and the width of the male helicoid 46 in the optical axial direction

is set so as not to be exposed in appearance in the case of the maximum protrusion of the third outer barrel 45.

[0045] In the second rectilinear guide ring 33, by cutting a part of the circumferential surface, three second group rectilinear guide slits 50 are formed to be straight in parallel to the optical axis O. In this step zoom lens camera 5, the cam grooves for third group zooming are comprised of two types of tilt grooves, wherein three third group zooming cam grooves Z3a that tilt with respect to the second group rectilinear guide slits 50 are formed in the second rectilinear guide ring 33, three third group zooming cam grooves Z3b that tilt in the direction opposite to that of the cam grooves Z3a are formed in the inner circumferential surface of the third outer barrel 45.

[0046] Also, in the inner circumferential surface of the cam ring 30, as mentioned above, three second group zooming cam grooves Z2 are formed and set in shape so that the relationship between the angle of rotation of cam ring 30 in each step and the displacement amount of the second lens group L2 from the zooming locus Z2' is linear. Each step of the second group zooming cam grooves Z2 is further provided with abovementioned adjusting regions on both sides of the photographic range.

[0047] First lens group frame 47 is fixed inside the third outer

barrel 45, and the first lens group L1 is held by this first lens group frame 47. The first lens group L1 is rectilinearly moved in the optical axial direction together with the third outer barrel 45, and the movement locus of the first lens group L1 when the third outer barrel 45 advances and retreats is a linear zooming locus as shown in Fig. 1. That is, in this step zoom lens camera 5, although no zooming cam grooves (Z1) for the first group are provided, as mentioned above, the drive system for the first lens group L1 does not matter in the present invention.

[0048] Second group unit 48 is comprised of second lens group frame 48a for holding the second lens group L2 and shutter block 54 to which this second lens group frame 48a is fixed, and three slide plates 55 are provided at the rear end of the shutter block 54 and extended rearward. The slide plates 55 are slidably guided by the second group rectilinear guide slits 50 formed in the second rectilinear guide ring 33. Furthermore, second group cam followers 56 are provided on the three slide plates 55 so as to project outward in the radial direction, and the second group cam followers 56 engage with the second group zooming cam grooves Z2 formed in the cam ring 30. Therefore, when the cam ring 30 rotates, the second group unit 48 makes predetermined advancing and retreating movements in the optical

axial direction in accordance with the loci of the second group zooming cam grooves Z2 while being rectilinearly guided.

[0049] Third group unit 49 is constructed so that the third lens group L3 is held by third group supporting ring 49a, and the third group supporting ring 49a has three extended plates 57 projecting forward. The extended plates 57 have third group cam followers 58 projecting outward in the radial direction, and the third group cam followers 58 penetrate the abovementioned third group zooming cam grooves Z3a and engage with the third group zooming cam grooves Z3b. By this structure, when the cam ring 30 rotates, the third group cam followers 58 are guided by the composite locus of the zooming cam grooves Z3a and Z3b, and the third group unit 49 moves in a linear locus as shown in Fig. 1 in the optical axial direction. In addition, since the cam grooves Z3a and Z3b tilt with respect to the optical axis, the third group unit 49 moves forward and rearward in the optical axial parallel direction accompanied by rotating operation about the optical axis O.

[0050] Between the second group unit 48 and third group unit 49, compression spring 59 for eliminating backlashes is provided, whereby the second group unit 48 is moved and presses forward in the optical axial direction, and the third group unit 49 is moved and pressed rearward in the optical axial direction.

[0051] The focal length of the zoom lens system can be detected as distance information of finite steps by means of the slide-contact relationship between brush 62 fixed to the first outer barrel 17 and zoom cord plate 63 adhered to the outer circumferential surface of the first rectilinear guide ring 20. The zoom cord plate 63 and CPU 70 are connected via FPC substrate 60, and when the slide-contact position between the zoom cord plate 63 and brush 62 in accordance with relative rotation of the first outer barrel 17 and first rectilinear guide ring 20, the focal length (step) is detected. As shown in Fig. 16, the cord pattern of the zoom cord plate 63 is formed so as to make conduction with two contacts of the brush 62 for each change in a predetermined angle of rotation of the first outer barrel 17 and first rectilinear guide ring 20, and focal lengths of 8 steps from 1 through 8.

[0052] As shown in Fig. 15, the step zoom lens camera 5 further comprises zooming operation means 64, shutter releasing means 65, rangefinding means 66, and photometry means 67, and these means are connected to the CPU 70. The zooming operation means 64 provides a zooming command, that is, a moving command from the wide side to the tele side, and a moving command from the tele side to the wide side, and is comprised of, for example, a momentary switch. The shutter releasing means 65 is comprised

of a release button, and by pressing the button up to the first step, a rangefinding command for the rangefinding means 66 and a photometry command for the photometry means 67 are provided, and by pressing the button up to the second step, the shutter block 54 is operated. The shutter block 53 receives a photometry output from the photometry means 67, and opens an unillustrated shutter blade for a predetermined period of time. In addition, ROM (EEPROM) 68 to be connected to CPU 70 is provided.

[0053] In each focal length step, angles of rotation (focusing table) for the cam ring 30 for movements of the second lens group L2 to the focus positions subjects in a range from the infinity photographic distance (∞) to the shortest photographic (close) distance are stored in the ROM 68 in advance.

[0054] Furthermore, the abovementioned equation for obtaining the focusing adjustment amount (Aadj) within each focal length step:

$$Aadj = -\{Lw/Ki + (1-Kw/Ki)(Lt-Lw)/(Kt-Kw)\},$$

and the equation expressing the angle $\Delta\theta_i$ of rotation of the cam ring 30 for focusing adjustments:

$$\Delta\theta_i = Aadj/c$$

are written in advance. When assembling the camera, at least the focus positions Lw and Lt at the wide end and tele end are measured and written into the ROM 68, the angles of rotation

of the cam ring 30 for focusing adjustments at each focal length are obtained from the abovementioned two equations. The angles of rotation of the cam ring 30 thus obtained (focusing adjustment table) are stored in the ROM 68.

[0055] The zoom lens system of the step zoom lens camera 5 mentioned above operates as follows. When the zoom motor M is driven in the protrusion direction from the lens barrel housed condition of Fig. 11 or from the wide end of Fig. 12, the first outer barrel 17 is rotated and protruded from the fixed lens barrel 13, and the first rectilinear guide ring 20 moves forward together with the first outer barrel 17 while being guided rectilinearly by the fixed lens barrel 13. Then, the cam ring 30 is protruded from the first rectilinear guide ring 20 while rotating in the same direction as that of the first outer barrel 17 together with the second outer barrel 40. At the same time, the second rectilinear guide ring 33 moves rectilinearly in the optical axial direction together with the cam ring 30, and the third outer barrel 45 rectilinearly guided by the second rectilinear guide ring 33 undertakes the rotation of the cam ring 30 and moves forward in the optical axial direction, and the first lens group L1 fixed to the third outer barrel 45 is moved linearly forward in the optical axial direction. At this time, in accordance with the guide by the second rectilinear

guide ring 33 and third group zooming cam grooves Z3a and Z3b formed in the third outer barrel 45, the third lens group L3 is also moved forward in a linear locus in the optical axial direction. The second lens group L2 moves in the optical axis parallel direction in a nonlinear moving locus shown in Fig. 1 in accordance with the second group zooming cam grooves Z2 formed in the cam ring 30. When the zoom motor M is driven in the housing direction from the tele end of Fig. 13, the zoom lens barrel 10 and lens groups L1 through L3 operate oppositely at the time of protrusion of the lens barrel.

[0056] The focusing operation at each focal length step is controlled as follows. When the zooming operation means 64 is operated, the brush 62 and zoom cord plate 63 are slid and contacted with each other, and any of the focal length steps 1 through 8 are detected. In each step, the timing at which the zoom cord plate 63 comes into contact with the brush 62 when the lens barrel is protruded from the housing side (wide end) is defined as a reference point of pulse counts. Although not illustrated, this step zoom camera 5 has a finder optical system separately from the photographic optical system, at the timing of the zooming operation, it is not necessary to move the second lens group to the focus position. Therefore, when the operation of the zooming operation means 64 is released,

the zoom lens barrel 10 stops at a stand-by position in the lens barrel housing direction further than the pulse count reference position of each step.

[0057] In this stand-by condition, when the release button is pressed half way and the rangefinding operation is carried out by the rangefinding means 66, the CPU 70 detects the subject distance. Then, an angle of rotation of the cam ring 30 for moving the second lens group L2 to the focusing position on this subject is read out from the focusing table housed in the ROM 68. Furthermore, an angle of rotation of the cam ring 30 for focusing adjustments in this focal length step is also read out from the focusing adjustment table in the ROM 68, and based on combination of this angle with the abovementioned data from the focusing table, the conclusive angle of rotation of the cam ring 30 (stop position) is determined. The position at the determined angle of rotation is compared with the position at the angle of rotation of the cam ring 30 at the pulse count reference position, and drive pulses of the zoom motor M required for driving the cam ring 30 to the position at the angle of rotation determined from said reference position are operated in the CPU 70.

[0058] Herein, if the release button is completely pressed and an ON signal is inputted from the shutter release means 65,

the zoom motor M is driven to operate the zoom lens barrel 10 in the protrusion direction, and at the timing of contact between the brush 62 and zoom code plate 63, that is, from the reference position, pulse counting of the zoom motor M is started. Then, when the number of pulses operated as mentioned above is detected, the zoom motor M is stopped, and photography is carried out while holding the second lens group L2 at the position at which focusing and focusing adjustments have been carried out. After photography, the zoom lens barrel 10 returns to the stand-by position for each step again as mentioned above. Thus, focusing operation accompanied by focusing adjustments by means of software can be carried out by the second lens group L2. In this embodiment, although the focusing operation is carried out when releasing the shutter, focusing drive formation is not limited to this, and for example, the focusing lens group may be moved to the focusing position when rangefinding is completed. The stand-by position of the zoom lens barrel in each step may be different from that in the abovementioned embodiment.

[0059] As mentioned above, in the abovementioned focusing control, the form of the second group zooming cam grooves Z2 is set so that the relationship between the angle of rotation of the cam ring 30 and the displacement amount of the second

lens group L2 from the imaginary zooming locus Z2' is linear, so that the angle of rotation of the cam ring 30 to be pulse-controlled can be determined by easy operation. In addition, the portion of each step of the second zooming cam grooves Z2 has adjusting regions, so that proper accommodation can be made even in a case where the determined angle of rotation exceeds the normal photographic range due to a great focusing adjustment amount.

[0060]

[Effects of the Invention] As described above, according to the invention, the form of the cam grooves of a step zoom lens, which was conventionally linear in each step, is improved to be nonlinear so that the relationship between the angle of rotation of the cam ring and the displacement amount of the focusing lens group from the imaginary zooming locus is linear, and adjusting regions are provided at both sides of each step of the cam grooves for simply moving the focusing lens group in the optical axial direction without deteriorating the focusing function, so that a highly reliable step zoom lens camera can be obtained wherein the burdens of control for focusing and adjustments are reduced.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

[Fig. 1] A diagram showing the zooming locus (cam groove form)

in the case where the step zoom lens of the invention is applied to a three-group zoom lens.

[Fig. 2] An enlarged view of a part of the locus for the second lens group (a zooming lens group-cum-focusing lens group) of the zooming loci of Fig. 1.

[Fig. 3] A graph for explanation of the locus for the second lens group of Fig. 2.

[Fig. 4] A graph for explanation of the locus for the second lens group of Fig. 2.

[Fig. 5] A diagram of the locus for the second lens group corresponding to Fig. 2 as a comparative example.

[Fig. 6] A graph for explanation of the locus for the second lens group of Fig. 5.

[Fig. 7] A graph for explanation of the locus for the second lens group of Fig. 5.

[Fig. 8] A developed view showing a concrete example of the cam ring having second lens group cam grooves.

[Fig. 9] A diagram for explanation of a zooming adjustment by means of software by using the cam ring whose angle of rotation is pulse-controlled.

[Fig. 10] A graph showing an example of the relationship between the angle of rotation of the cam ring and the focus sensitivity of each lens group.

[Fig. 11] An upper half section of the zoom lens barrel in a housed condition, which shows a concrete mechanical structure in the case where the step zoom lens camera of the invention is applied to a three-group zoom lens.

[Fig. 12] A side section of the zoom lens barrel of Fig. 12 at the tele end.

[Fig. 13] A side section of the zoom lens barrel of Fig. 22 at the wide end.

[Fig. 14] An exploded perspective view of the zoom lens barrel.

[Fig. 15] A block diagram showing the control circuit system of the step zoom lens camera whose mechanical structure is shown in Fig. 11 through Fig. 14.

[Fig. 16] A developed view showing an example of the focal length detecting mechanism of the step zoom lens camera.

[Description of Symbols]

5 step zoom lens camera

9 camera body

10 zoom lens barrel

13 fixed lens barrel

12 pulse detecting mechanism

17 first outer barrel

20 first rectilinear guide ring

30 cam ring

33 second rectilinear guide ring
40 second outer barrel
45 third outer barrel
56 second group cam follower
58 third group cam follower
62 brush
63 zoom cord plate
64 zooming operation means
66 rangefinding means
68 ROM
70 CPU
L1 first lens group
L2 second lens group
L3 third lens group
M zoom motor
Z1 zooming cam groove (for first group)
Z2 zooming cam groove (for second group)
Z2' imaginary zooming locus
Z3 (Z3a, Z3b) zooming cam grooves (for third group)

Fig.1

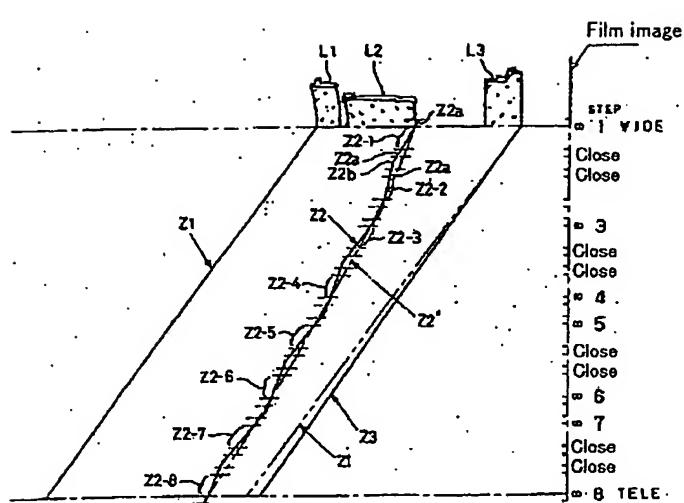


Fig.3

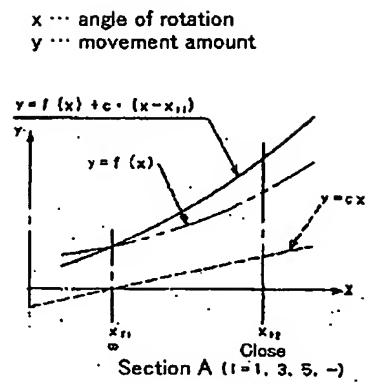


Fig.2

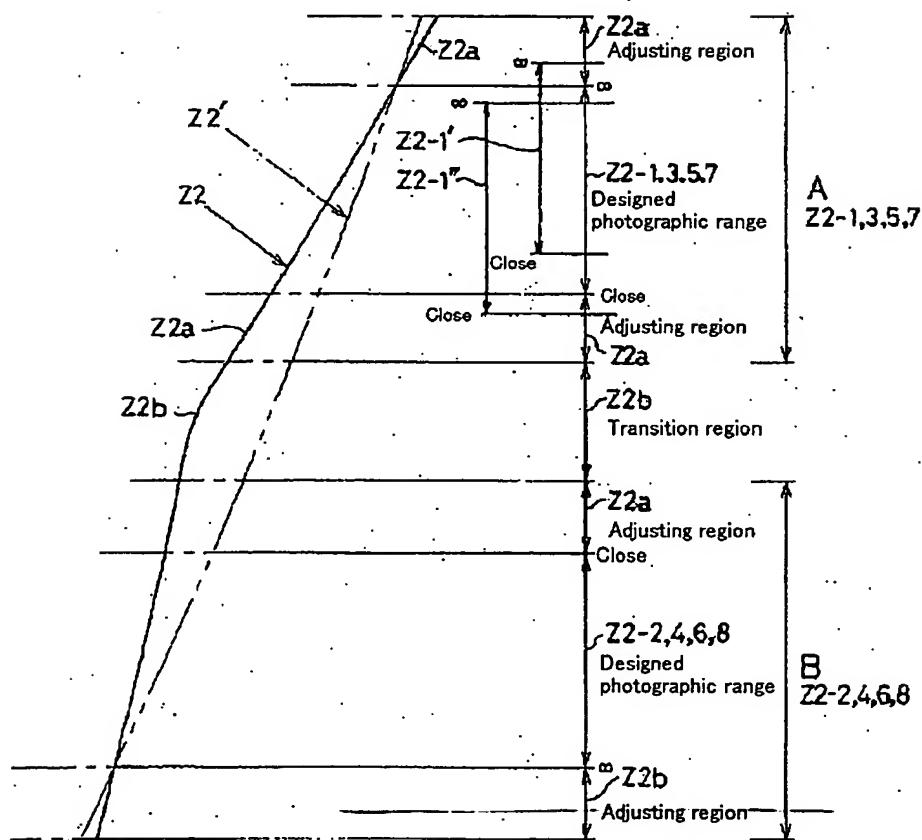
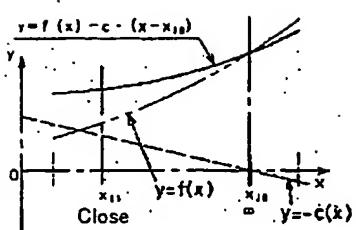
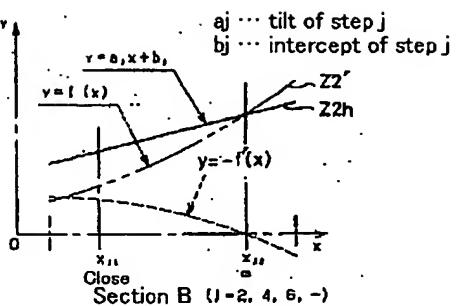


Fig.4



Section B ($j=2, 4, 6, -$)

Fig.7



Section B ($j=2, 4, 6, -$)

Fig.5

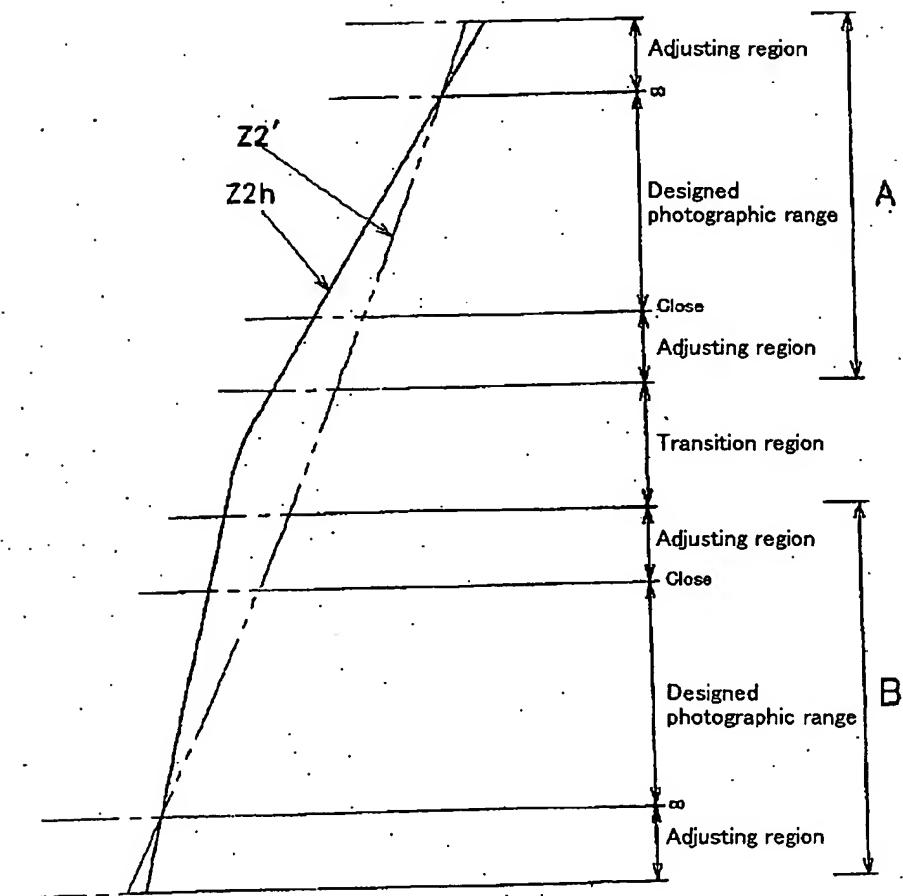


Fig.6

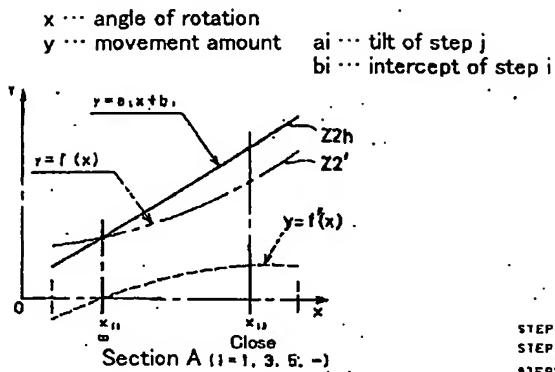


Fig.8

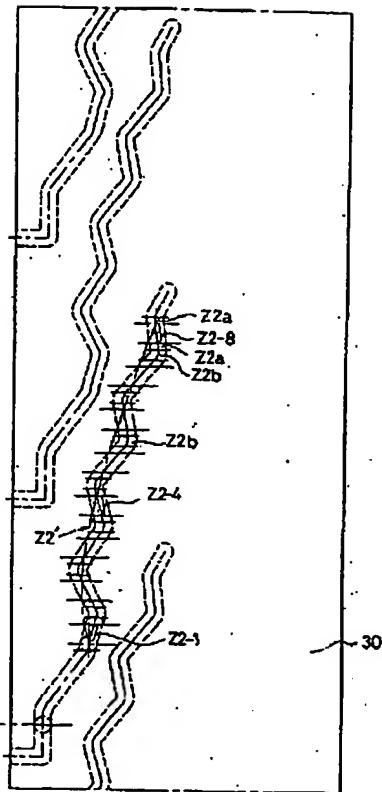


Fig.9

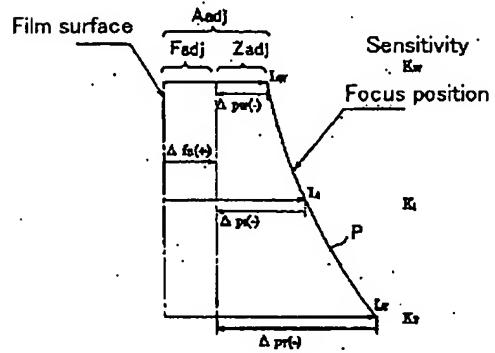


Fig.10

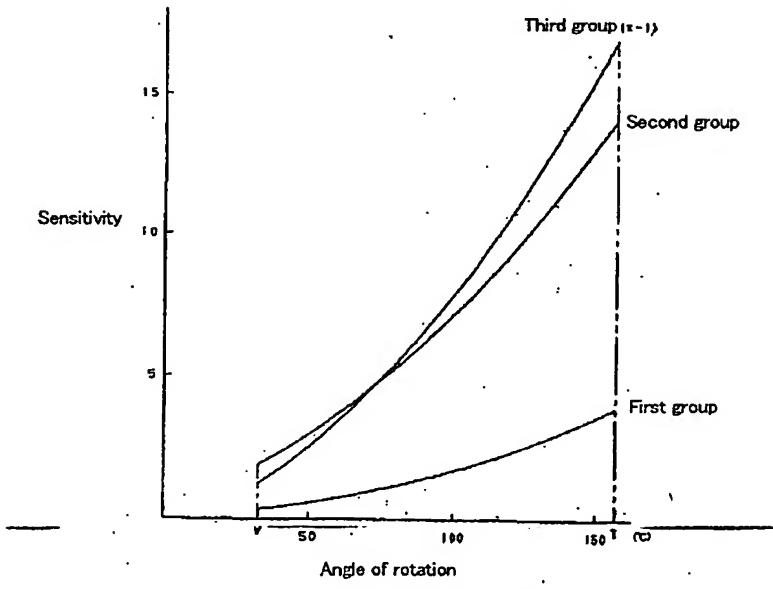
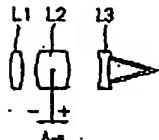


Fig.11

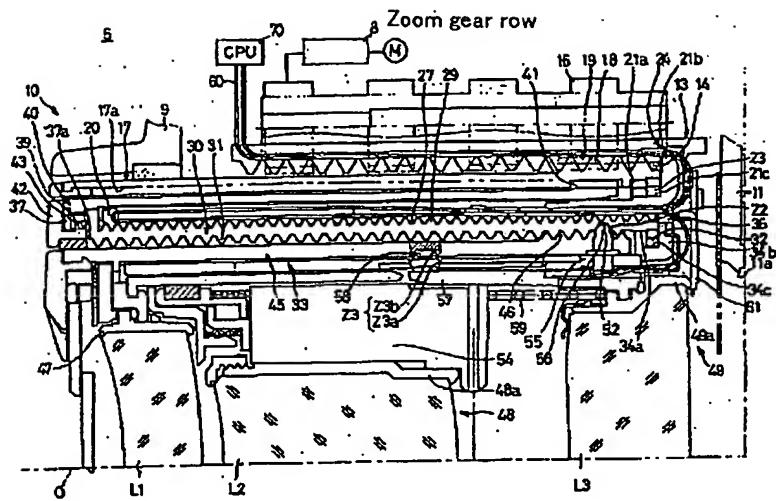


Fig.12

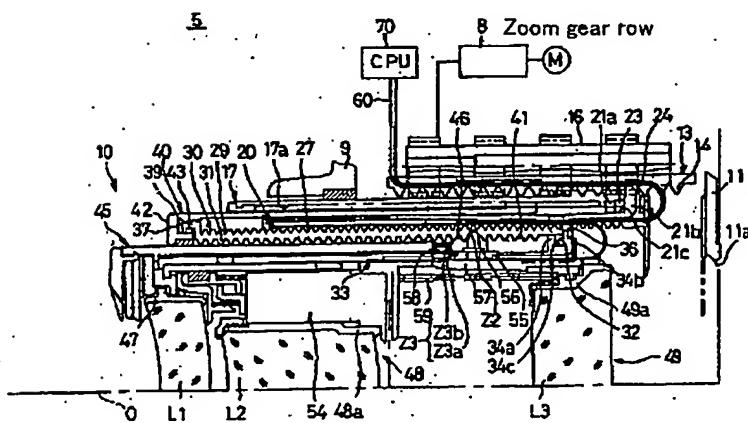


Fig.13

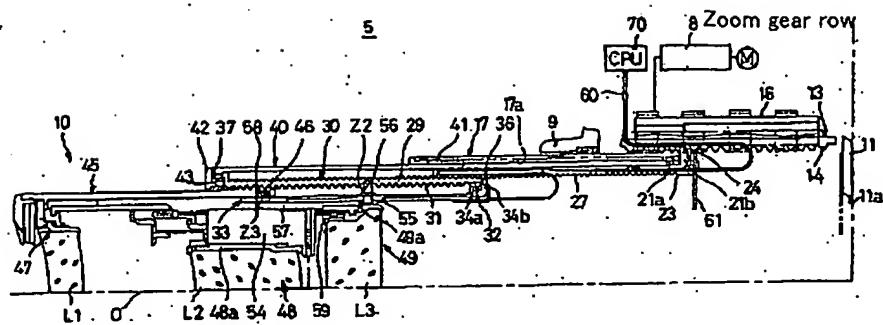


Fig. 14

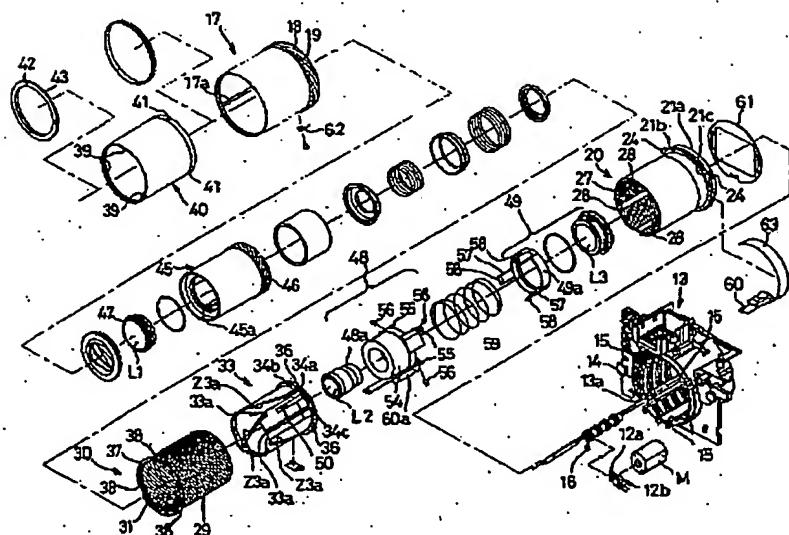


Fig. 15

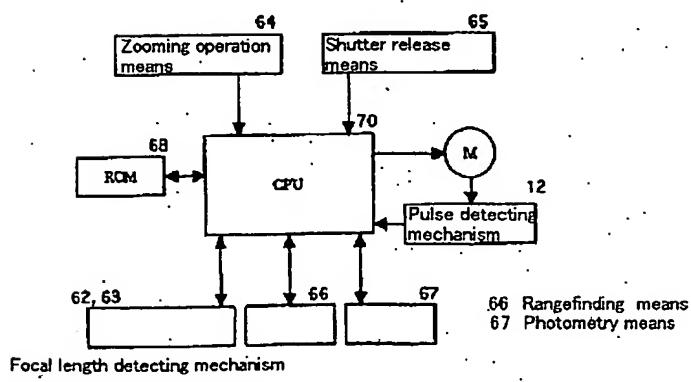


Fig.16

